Physikalische Zeitschrift

Eduard Riecke,
Hermann Theodor
Simon


THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
LIBRARIES
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
ARTES SCIENTIA VERITAS
1817

Physikalische Zeitschrift

Unter ständiger Mitarbeit für den referierenden Teil

von

Professor Dr. **R. Abegg**, Professor Dr. **L. Ambronn**, Privatdozent Dr. **H. Boruttau**, Professor Dr. **M. Brendel**, Privatdozent Dr. **A. Coehn**, Professor Dr. **Th. Des Coudres**, Privatdozent Dr. **W. Kaufmann**, Professor **E. Meyer**, Professor Dr. **L. Rhumbler**, Professor Dr. **E. Wiechert**, Privatdozent Dr. **E. Zermelo**.

Herausgegeben von

Dr. E. RIECKE
Professor an der Universität Göttingen.

und

Dr. H. TH. SIMON
Dozent beim Physikal. Verein in Frankfurt a. M.

Redaktion: Dr. **H. TH. SIMON** in Frankfurt a. M.

Vol 1

ERSTER JAHRGANG.

1899—1900.

Mit einer Tafel.

Leipzig,
Verlag von S. Hirzel
1900.

Autoren- und Sachregister.

Abkürzungen: (R.) = Referat, (B.) = Besprechung, (N.) = Naturforscherversammlung.

C.

D.

Seite

P.

Q.

Seite

R.

S.

T

Namensverzeichnis der „Personalien“.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 1 u. 2. 1. October 1899. **I. Jahrgang.**

INHALT.

VORWORT.

Von Eduard Riecke.

Wenn wir hiermit die erste Nummer einer neuen physikalischen Zeitschrift in die Welt hinausgehen lassen, so ziemt es sich, ihr einige begleitende Worte mit auf den Weg zu geben, aus denen unsere Fachgenossen und alle, die sich für die Ergebnisse physikalischer Forschung interessieren, ersehen, welche Absichten wir mit dem neuen Unternehmen verfolgen.

Seit einem Jahrhundert ist die Geschichte der Physik in Deutschland aufs innigste verbunden mit den Annalen der Physik und Chemie, welche seit 1799 von Gilbert, seit 1824 von Poggendorff herausgegeben wurden, und welche vor nicht langer Zeit in Gustav Wiedemann ihren dritten Herausgeber verloren haben; zweiundzwanzig Jahre hindurch hatte er den Annalen seine bewährte Kraft gewidmet, seit 1893 im Verein mit dem Sohne, der nun die Redaktion allein übernommen und getreu den alten Traditionen weiter geführt hat. Eine Zersplitterung der Dokumente unserer wissenschaftlichen Arbeit, wie sie mehrfach drohte, ist zum unberechenbaren Nutzen für unsere wissenschaftliche Entwickelung immer wieder vermieden worden. Beschränkungen freilich erfuhr das Gebiet, welches die Annalen umfassten, durch die natürliche Entwickelung, welche erst für die Schwesterwissenschaft der Chemie, dann auch für das Zwischengebiet der Physik und der Chemie eigene Organe erstehen liess. Aber für das engere Gebiet der reinen Physik haben wir immer den grossen Vorteil bewahrt, der auf der Konzentration des wissenschaftlichen Materials an einer einzigen Stelle beruht. **Nichts liegt uns ferner, als in diese glückliche Entwickelung mit störender Hand eingreifen zu wollen. Nur ergänzend soll unsere Zeitschrift zu dem bestehenden Systeme der wissenschaftlichen Publikationen hinzutreten,** und eine solche Ergänzung suchen wir in den im folgenden aufgezählten Punkten:

1. Den Abhandlungen in den Annalen der Physik und Chemie, den Dokumenten, in welchen die Resultate einer zu einem gewissen Abschluss gelangten Untersuchung ausführlich und endgültig niedergelegt werden, gehen häufig Mitteilungen in Gesellschaftsschriften der verschiedensten Art voraus. Diese Schriften sind im ganzen wenig verbreitet und oft nicht leicht zugänglich. So kann es kommen, dass Mitteilungen, die an so vielen Orten zerstreut sind, übersehen werden, dass wichtige Beobachtungen

und Entdeckungen verhältnismässig spät zu allgemeinerer und genauerer Kenntnis kommen. Es scheint daher nützlich, ein regelmässig, in verhältnismässig kurzen Zeiträumen erscheinendes Blatt zu haben, um hier von dem wesentlichen Inhalt einer neuen Beobachtung, von dem Grundgedanken einer neuen Methode, einer neuen theoretischen Entwickelung eine kurze Mitteilung zu machen, welche rasch in der wissenschaftlichen Welt verbreitet wird. Jene Gesellschaftsschriften werden dadurch an ihrem Werte und an ihrer Bedeutung nichts verlieren, denn Originalarbeiten von grösserem Umfange sollen von unserer Zeitschrift ausgeschlossen sein. Was wir wünschen, sind kurze Referate der Autoren über Arbeiten, welche in ausführlicher Form an anderen Stellen veröffentlicht werden sollen, Referate von der Art, wie sie in den Comptes Rendus gegeben werden. Wir nehmen an, dass der Umfang dieser Referate im allgemeinen zwei Spalten nicht übersteigen wird.

Wir hoffen, dass auch die Physiker des Auslandes uns durch Mitteilungen über ihre Arbeiten unterstützen werden; mehreren derselben sind wir für die bereitwillige Zusicherung einer solchen Unterstützung, für die Einsendung von Mitteilungen schon zu der ersten Nummer der Zeitschrift zu lebhaftem Danke verpflichtet. Wir hoffen, dass unsere Zeitschrift so dazu beitragen wird, immer regere Beziehungen zwischen der Physik in Deutschland und zwischen den physikalischen Errungenschaften des Auslandes herbeizuführen. In den alten Bänden unserer Annalen der Physik füllen Übersetzungen der klassischen Arbeiten von Arago, Brewster, Faraday, Fresnel, Melloni, Reignault, Stokes viele Seiten. Bei der ausserordentlichen Steigerung, welche die wissenschaftliche Produktion in den Grenzen Deutschlands selber seit jener Zeit erfahren hat, ist eine Aufnahme fremder Arbeiten in dieser Weise nicht mehr möglich. Um so willkommener werden Originalmitteilungen ausländischer Physiker in einer deutschen Zeitschrift sein; denn ein von anderer Hand verfasstes Referat wird nie den Wert einer originalen Mitteilung besitzen, abgesehen davon, dass Referate der Natur der Sache nach immer erst nach Verlauf einer gewissen Zeit erscheinen können.

2. Als eine weitere Aufgabe unserer Zeitschrift betrachten wir die Sammlung zusammenfassender Darstellungen specieller Gebiete, wie sie bei besonderen Veranlassungen nicht selten gegeben werden. Wir denken dabei an Vorträge in wissenschaftlichen Vereinen, an Probevorlesungen bei Habilitationen, an Antrittsvorlesungen, an Vorträge bei Lehrerkursen u. dgl. Derartige Darstellungen verdienen in vielen Fällen in hohem Masse eine Weiterverbreitung durch den Druck, sie gehen aber verloren, weil es an der geeigneten Stelle zu ihrer Veröffentlichung fehlt. Wir werden ausserdem je nach Bedürfnis zusammenfassende Darstellungen eigens zur Veröffentlichung in unserer Zeitschrift veranlassen, um den Kreis unserer Leser über Gebiete zu orientieren, denen die Aufmerksamkeit und die Thätigkeit der Physiker jeweils in besonderem Masse zugewandt ist.

3. Bei dem stetigen Anwachsen der wissenschaftlichen Litteratur ist es für den Physiker schon auf dem eigenen Gebiete schwierig, dem unaufhaltsamen Fortschritt und der steten Wandlung der Wissenschaft zu folgen, vollends unmöglich ist dies auf den Nachbargebieten der Physik. Und doch droht dadurch dem einzelnen, wie der Wissenschaft die Gefahr, die Fühlung mit Gebieten zu verlieren, denen reiche und mannigfaltige Quellen der Anregung und Förderung auch für das eigene Gebiet der Physik entspringen. Hier wünschen wir helfend und bessernd einzutreten durch Referate, welche den Leser über physikalisch bedeutsame Ergebnisse auf den Nachbargebieten der Physik in zusammenhängender Weise orientieren. Die Referate sollen sich zunächst erstrecken über: Mathematische Methoden von physikalischer Bedeutung, Theoretische Mechanik, Technische Mechanik und Maschinenlehre, Elektrotechnik, Instrumentenkunde, Geophysik und Astrophysik, Allgemeine Chemie (Physikalische Chemie und Mineralchemie), Wissenschaftliche Photographie, Biophysik. Eine Reihe von unseren Kollegen, mit denen wir uns in unseren Bestrebungen aufs engste verbunden fühlen, haben ihr thatkräftiges Inter-

esse für unser Unternehmen dadurch bewiesen, dass sie die ständige Sorge für Referate aus diesen Gebieten in bereitwilligster Weise übernommen haben.

4. Für Anzeige und kritische Besprechung von neu erscheinenden selbständigen Publikationen, physikalischen Monographien, Vorlesungen, Kompendien, Lehrbüchern, soweit sie von allgemeiner wissenschaftlicher Bedeutung sind, soll in der Zeitschrift Raum gewährt werden.

5. Wir wollen ferner eine Rubrik eröffnen, in welcher Mitteilungen über Institutseinrichtungen, praktische Winke für Vorlesungsversuche, für physikalische Übungen, für Laboratorium und Werkstatt, Rezepte u. dgl. ihre Stelle finden; hier sollen auch eingesandte Fragen beantwortet, Stellen-Gesuche und -Angebote bekannt gemacht werden.

6. Anhangsweise sollen in der Zeitschrift auch Nachrichten nicht wissenschaftlichen Charakters von Hochschulen und Instituten veröffentlicht werden: Berufungen, Auszeichnungen; ferner Zusammenstellungen der Vorlesungen von Universitäten und technischen Hochschulen, soweit sie von physikalischem Interesse sind.

Die Übersicht, die wir hiermit über den Inhalt der neuen Zeitschrift gegeben haben, zeigt, dass sie sich nicht bloss an den engeren Kreis der Physiker von Fach wendet; sie soll vor allem in den Mitteilungen der zweiten und dritten Gruppe allen etwas bieten, welche wissenschaftliches Interesse an den Fortschritten und Entdeckungen der Physik besitzen, welche lehrend oder lernend mit ihr beschäftigt, auf verwandten Gebieten im Dienste der theoretischen Forschung oder der praktischen Anwendung thätig sind.

Es versteht sich von selbst, dass wir das Vorstehende nicht als ein starres und unabänderliches Programm betrachten; nur der Grundcharakter unseres Unternehmens soll dadurch festgelegt werden. Im übrigen werden wir stets bestrebt sein, von der Erfahrung zu lernen, Wünschen, die uns von anderer Seite entgegen gebracht werden, Rechnung zu tragen.

Inwieweit die Ziele, die uns vor Augen schweben, erreicht werden, ob unser Unternehmen Wurzel schlagen und weiter wachsen wird, das hängt ja nur zum kleinsten Teile von uns ab, die wir zunächst verpflichtet sind, für den jungen Baum zu sorgen. Es hängt viel mehr von der Aufnahme ab, welche die neue Zeitschrift in den Kreisen unserer Fachgenossen findet, von der Unterstützung, welche sie uns zu teil werden lassen. Die neue Zeitschrift wird bestehen, wenn sie gut und nützlich ist, wenn sie wirklich eine Lücke in dem System der vorhandenen wissenschaftlichen Publikationen ausfüllt. Möge diese Überzeugung, die uns den Mut zu unserem Unternehmen gegeben hat, sich bewähren, mögen alle, welche diese Überzeugung teilen, uns ihre thatkräftige Hilfe nicht versagen!

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Einwirkung des Wassers auf heisses Glas.[1])

Von C. Barus in Providence (Amerika).

Die Versuche, über die ich berichte, behandeln die Auflösung des gewöhnlichen Glases (überhaupt eines beliebigen Silikats) in Wasser. Untersucht wurden die Bedingungen der Auflösung und die Volumenverhältnisse, die sich dabei abspielen, in Bezug auf Temperatur und Druck.

Silikate mit zwei Schmelzpunkten (Wasserfluss bezw. Glutfluss) finden sich in der Natur vor; und zwar zeigt es sich, dass bei den sauren Gesteinen beide Schmelzpunkte (ersterer mit bedeutendem Aufschäumen verbunden) sehr viel höher liegen als bei den basischen Gesteinen. Es empfahl sich daher, mit einer leichter schmelzbaren Glasmasse zu arbeiten, insofern die zusammengehörigen Schmelzpunkte etwa gleichen Schritt halten.

Ist das Glas ein Kolloid, so muss es entsprechend dem allgemeinen Verhalten der Kolloide: 1. bei günstiger Temperatur in Wasser aufquellen, und 2. bei erhöhter (wahrscheinlich charakteristischer) Temperatur in eine klare Lösung übergeführt werden, indem das Lösungs-

1) C. Barus: Am. Journal, 1891; Phil. Mag. (5), XLVII, p. 104, 1899; ibid. p. 461; mit Zusätzen des Verf.

mittel selbst, etwa durch Druck, flüssig erhalten bleibt. Dieses Verhalten lässt sich bei gewissen Kolloiden, z. B. der Stärke, der Gelatine, dem reinen Kautschuk, leicht veranschaulichen, weil hier der Verflüssigungspunkt des Kolloids sich unterhalb der Siedetemperatur des Lösungsmittels befindet. Beim vulkanisierten Kautschuk hingegen müssen die Lösungsmittel, in welchen das Gummi aufquillt (Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Paraffinöle u. s. w.) im allgemeinen durch stärkeren Druck flüssig erhalten werden. Dann aber tritt klare Lösung ein und zwar bei einer Temperatur, die mit dem Lösungsmittel auffallend wenig variiert. Beim Holze liegt der etwaige Lösungspunkt im Wasser über dem Zersetzungspunkt.

Da nun die Auflösung des Glases in Wasser jedenfalls Druck erforderte, so habe ich eine geeignete Retorte konstruiert und l. c. beschrieben, welche in einem Dampfbad von Naphthalin (210°) eine leichte Herstellung des „Wasserglases" ermöglichte. Das fein pulverisierte, mit nicht zu viel Wasser vermischte Glas schmolz dann zu einer kompakten, in der Kälte fest anhaftenden Glasmasse zusammen, die mit Hammer und Meisel aus der Retorte herausgearbeitet werden musste. Das „Wasserglas" ist dem Aussehen nach, an Härte und dgl. vom entsprechenden Feuerglase wenig zu unterscheiden. In der Luft bis etwa 200° erhitzt, schmilzt es unter starkem Aufschäumen zu einem leichten weissen Glasschwamm, welcher nachträglich nur bei Rotglut zum zweitenmal geschmolzen werden kann. Beim Aufbewahren zerbröckelt die anfangs kompakte Masse sehr bald, schon in wenigen Wochen erheblich.

Zur Prüfung der Volumen- und Druck-Erscheinungen, die sich bei der Lösung abspielen, wurde ein Wasserfaden in einer aus dem untersuchten Glase bestehenden Glaskapillare zwischen zwei Quecksilberfäden eingeschlossen, einem oberen mit Paraffin festgekitteten und einem unteren mittels einer Druckpumpe beweglichen. Das Volumen wurde durch Beobachtung der den Wasserfaden einschliessenden Quecksilber-Menisken mittels eines Kathetometers, durch die klare Glaswand des die Kapillare umgebenden Dampfbades (Anilin, Naphthalin) hindurch gemessen.

Bei der Untersuchung nach dieser Methode zeigte nun Glas in der That kolloidale Eigenschaften. Es wurde nämlich beobachtet: 1. Ein Aufquellen des Glases, am geeignetsten bei 185° (Anilin) zu verfolgen. Der Wasserfaden erscheint dann matt und trübe, der Quecksilber-Meniskus ist schwer zu verfolgen. Das Volumen des Systems Wasserglas nimmt bei konstanter Temperatur regelmässig ab und sinkt bald unter das dem kalten Zustand entsprechende bedeutend herab. Die Kompressibilität wächst etwa bis auf das Dreifache. Wird die erkaltete Glasröhre senkrecht durchschnitten, so zeigt sich der Kanal mit einer achatähnlichen warzigen festen Glasmasse erfüllt. Durchwegs ist die Flüssigkeit elastisch. Während sich das System zusammenzog, ist also das Glas selbst bedeutend aufgequollen. 2. Eine Lösung des aufgequollenen Glaskolloids (am geeignetsten bei 210° (Naphthalin) zu beobachten). Die Erscheinungen 1. gehen in die nachstehenden über. Der trübe Wasserfaden klärt sich; der Quecksilberfaden leuchtet auf; er ist mittlerweile bei der Bewegung durch die zähe Masse in Tropfen zerbrochen. Das weisse Koagulum zieht sich allmählich vom Rande des Kanals in die Achse zusammen und verschwindet daselbst (Wasserüberschuss nicht mehr zugegen). Das Volumen des Systems Wasserglas nimmt bei constanter Temperatur (210°) sehr rasch bis auf ein festes Minimum ab. In der Röhre bemerkt man ein dauerndes Strömen der Wasserglasmasse von den unteren Regionen derselben nach oben, in welchem die Quecksilbertropfen mitschwimmen. Die Kompressibilität ist bis zu verhältnismässig enormen Werten angewachsen, indem sich die Druckzunahme wesentlich in einer Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit der Glasmasse ausdrückt. Bei Druckabnahme ergeben sich neben den Quecksilbertropfen auch leere Blasen. Die Flüssigkeit ist unelastisch. 3. Gesättigtes Glaskoagulum; Klar. Volumen konstant und sehr klein, etwa 20 bis 30% kleiner als das isotherme Anfangsvolumen des Systems. Die Kompressibilität ist auf einen konstanten, entsprechend kleinen Wert rasch abgefallen. Die Glasmasse ist wieder elastisch, aber fast inkompressibel. 4. Bei der Abkühlung nach Beendigung des Versuches eine Blasenbildung von der Achse aus, da das festwerdende Wasserglas sich wegen der umhüllenden Feuerglaswand von innen nach aussen zusammenziehen muss, ähnlich wie bei den Bologneser Tropfen. Die Blasen sind gewöhnlich durch einen feinen Kanal verbunden und zeigen die wichtige Thatsache, dass sich Wasserglas beim Festwerden stark zusammenzieht. Um die etwa vorhandenen Quecksilbertropfen bilden sich leere Räume aus. Beim Durchschnitt ist der feste Wasserglaskern wegen anderem Brechungsvermögen in der Achse deutlich sichtbar, sonst aber vom übrigen Glase kaum zu unterscheiden. Der Durchmesser ist auf das Zwei- bis Dreifache des ursprünglichen Wasserfadens gestiegen. Durch gelindes Erwärmen quillt das Wasserglas aus der Röhre hervor.

Sämtliche Röhren, wenn auch noch so vorsichtig abgekühlt, zerbrechen nach dem Erkalten. Der Bruch beschränkt sich oft nur auf den Kern, woraus hervorgeht, dass innere Spannungen

(negativer Druck) die Ursache der Erscheinung sind. Es weist dies auf den entsprechend grossen Ausdehnungskoefficienten des Wasserglases hin, wie auch direkte Versuche ähnliches darthun.

Der ganze Verlauf der Erscheinung ist l. c. in verschiedenen graphischen Darstellungen zur Anschauung gebracht. Wenn man sich die gegebenen Veränderungen auf die thermodynamische Fläche aufgetragen denkt, so erhält man eine der James Thomsonschen ähnliche Isotherme, längs welcher die Konzentration des Wasserglases von Punkt zu Punkt zunimmt. Daher ist also am Anfang das Wasser stabil, das Wasserglas nicht stabil. Druckzunahme zwingt zwar das Wasser in die Glasmolekeln hinein, bei Druckabnahme kommt es wieder von selbst heraus. Die Kompressibilität ist klein, vergrössert sich aber in dem Masse, als mehr wirksame Glasmolekeln zugegen sind. In dem geschlungenen Teil der Isotherme beschleunigt Druckzunahme den Eintritt des Wassers in das Glasmolekül; bei Druckabnahme kommt es nicht wieder heraus (Strömungserscheinungen). Der implosive Teil der Isotherme ist an der äusserst zähen Glasmasse durchzubeobachten. Am Ende ist das gesättigte Wasserglas stabil. Nun bemerkt man, dass anfangs viel Wasser und wenig Glas, und schliesslich viel Glas und wenig Wasser in kolloidaler Lösung zugegen ist. Man hat es demnach mit einer Massenwirkung zu thun, deren Verlauf auf elastischem Wege (Kompressibilität) nachgewiesen worden ist.

Ersetzt man den Wasserfaden durch eine Lösung von Kobaltnitrat, so ist nach beendigter Einwirkung keine Spur einer blauen Färbung vorhanden, wie dies bei Glutfluss der Fall sein würde. Vielmehr hat sich das Salz zersetzt und ist als grauschwarze körnige Masse in der Achse der Röhre zurückgeblieben, während das Wasser herausdiffundierte. **Das Wasserglas verhält sich demnach als halbdurchlässige Membran**, deren Wirkungsweise in der angegebenen energischen Art zu Tage tritt.

Die vorstehenden Ergebnisse lassen wichtige Anwendungen auf geologische Fragen zu. Zunächst erscheint durch sie erwiesen, dass in Gegenwart von Wasser und der geeigneten Gesteinsart die Verflüssigungsmöglichkeit um das Fünffache der Erdoberfläche näher gerückt ist. Bei Silikaten obiger Art wären schon etwa 5 bis 6 Kilometer Tiefe genügend, um längs der Fläche der Erdisotherme die Bedingungen der Verflüssigung (abgesehen vom Druck) zu erreichen. Ferner ist kaum wahrscheinlich (obgleich bis jetzt nicht direkt erwiesen), dass eine so bedeutende Volumenabnahme, wie die beobachtete, ohne Wärmetönung vor sich gehen könne. Weil sich nun die Einwirkung mit steigender Temperatur beschleunigt, so ist anzunehmen, dass bei genügender Erdtiefe die Wärme rascher erzeugt als abgeleitet werden würde, wodurch ihrerseits die Reaktion abermals beschleunigt werden müsste. Auf diese Weise kann man sich eine Vorstellung von dem Ursprung einer lokalen Wärmequelle vulkanischer Art bilden, welche unter günstigen Gesteinsbedingungen sich vorzugsweise an den Meeresküsten ausbilden würde. Eine solche Wärmequelle würde schliesslich nach der unter erheblichen Volumenänderungen vollendeten Ausbildung des „Wasserglases" von selbst versiegen müssen.

(Eingegangen 5. Aug. 1899.)

Über Bewegungserscheinungen sich auflösender Krystalle.[1])

Von Karl Schaum.

Kleine Partikel gewisser flüchtiger Stoffe, wie Kampfer, Menthol u. s. w. führen bekanntlich auf einer reinen Wasseroberfläche eigentümliche Bewegungen aus; ähnliche Erscheinungen beobachtet man auch bei löslichen Substanzen; so bewegen sich Bernsteinsäure auf Wasser, Natrium auf Quecksilber.

Kürzlich beobachtete ich sehr charakteristische Bewegungserscheinungen, welche unzweifelhaft mit den erwähnten in Zusammenhang stehen und zur Erklärung des Phänomens beitragen werden. Bringt man leicht lösliche Stoffe an die Grenzschicht von Quecksilber und Wasser, so beobachtet man schwache Bewegungen bei KCN, KNO_3 $AgNO_3$, Traubenzucker, Harnstoff, stärkere bei KCl, $CaCl_2$. Setzt man dem Wasser Säure zu (H_2SO_4 oder HNO_3), so werden die Bewegungen wesentlich schneller, auch rotieren unter verdünnter Säure manche Stoffe, welche unter Wasser keine Bewegung erkennen lassen, wie Rohrzucker, Hydrochinon. Letzteres bewegt sich auch unter Alkali (und an der Oberfläche von Wasser).

Interessant sind die Bewegungen, welche Krystalle von $KMnO_4$ und von $K_2Cr_2O_7$ an der Grenzschicht von Quecksilber und Schwefelsäure zeigen; die Bewegung nimmt mit dem Säuregehalt zu; in $^1/_{100}$ n-H_2SO_4 ist dieselbe schwach (unter Wasser bildet sich eine Haut von Oxyd, welche keine Bewegung zulässt), in $^1/_{10}$ n-Säure stark und in n-Säure sehr stark. Die Bewegungserscheinungen sind sehr eigenartig; meist beschreiben die Krystalle zunächst zickzackförmige Bahnen, um dann in Kreisbewegungen überzugehen und schliesslich mit grosser Geschwindigkeit um ihre Achse zu rotieren.

1) Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. Sitzung vom 21. Juni 1899.

Ohne Frage stehen die beschriebenen Erscheinungen im engsten Zusammenhang mit der Auflösung der Krystalle. Um einen genaueren Einblick in den Mechanismus des Vorganges zu bekommen, überzog ich Krystalle von $KMnO_4$ mit Paraffin und entfernte den Überzug an einer Stelle; ich konnte alsdann deutlich wahrnehmen, dass die Bewegung in der der Lösungsstrombahn entgegengesetzten Richtung verläuft. Entfernt man den Überzug an zwei diametral entgegengesetzten Stellen, so rotiert der Krystall sofort wie ein Segnersches Wasserrad; überhaupt ist die Analogie der geschilderten Erscheinung mit dem Wasserrad eine sehr naheliegende, und kann man durch molekulartheoretische Betrachtungen den Vergleich ziemlich weit treiben, doch verzichte ich auf die Ausführung solcher allzu kinetischer Erörterungen.

Die Geschwindigkeit der Bewegung hängt offenbar zunächst davon ab, wie schnell die Krystalle in Lösung gehen; am raschesten rotieren daher $KMnO_4$ und $K_2Cr_2O_7$ unter H_2SO_4, weil sich in diesem Fall durch die eintretende Oxydation des Quecksilbers keine Zone konzentrierter Lösung ausbildet, welche — wie bei indifferenten Stoffen — die weitere Auflösung verzögert. (Unter HNO_3 rotiert $K_2Cr_2O_7$ fast gar nicht infolge der Bildung beträchtlicher Mengen von Quecksilberchromat; das bei Anwendung von H_2SO_4 entstehende Sulfat ist sehr feinpulverig und stört zunächst die Krystallbewegung nicht.)

Überhaupt scheint H_2SO_4 die Auflösungsgeschwindigkeit mancher Salze zu beschleunigen; es wird dies darauf beruhen, dass die Konzentration der undissoziierten Molekeln des in Lösung gehenden Salzes und damit der osmotische Gegendruck derselben verringert wird. So bewegen sich auf einer unter H_2SO_4 befindlichen umgekehrten Urschale kleine $KMnO_4$-Krystalle mit grosser Geschwindigkeit abwärts, welche unter reinem Wasser auch durch Anstoss nicht zur Bewegung zu bringen sind.

Bei anderen Stoffen, wie bei Traubenzucker und Rohrzucker, ist allerdings keine Erhöhung der Lösungsgeschwindigkeit durch Säure anzunehmen. Hier wird vielleicht die geringere Oberflächenspannung des Quecksilbers unter Säure die Bewegung begünstigen.

Ich habe versucht, diese Vermutung durch willkürliche Änderung der Oberflächenspannung des Quecksilbers während des Lösungsvorganges der Krystalle zu prüfen, bin dabei jedoch zu keinem Ergebnis gekommen; doch will ich einige Beobachtungen anführen, welche ich bei dieser Gelegenheit gemacht habe.

Bekanntlich ist Quecksilber unter Hg-Salzlösungen, also auch unter verdünnten Säuren, in welchen sich immer Spuren von Hg-Salz bilden, positiv geladen; die Oberflächenspannung ist infolge der elektrostatischen Ladung verringert. Vernichtet man einen Teil der Ladung, indem man das Quecksilber mit einem negativ geladenen Metall, etwa mit Eisen, berührt, so wächst die Oberflächenspannung und die Quecksilbermasse zieht sich zusammen.[1] Noch kräftigere Wirkungen, wie mit Eisen, erhielt ich bei der Anwendung von Magnesium; um das Quecksilber nicht zu verunreinigen, umwickelte ich das Magnesiumband mit einem Platindraht und liess das eine Ende desselben etwas vorstehen; berührt man mit dieser Platinspitze eine in einer Krystallisierschale befindliche halbmondförmige Quecksilbermasse, während das Magnesium etwas in die Schwefelsäure eintaucht, so erfolgt ein sehr starkes Zusammenzucken des Quecksilbers.

Ich habe eine Ladungsänderung und damit eine solche der Oberflächenspannung des Quecksilbers auch ohne die Bildung eines galvanischen Elementes erreicht. Bringt man in eine Krystallisierschale so viel Quecksilber, dass ein sichel- oder halbmondförmiger grosser Tropfen entsteht, übergiesst denselben mit H_2SO_4 und bringt nun vorsichtig mit einer Pipette an irgend eine Stelle des Quecksilberrandes etwas starke HNO_3, oder Lösung von $HgNO_3$, $KMnO_4$ oder $K_2Cr_2O_7$, so erfolgt an der betreffenden Stelle eine sehr starke Ausbuchtung; bringt man einen Tropfen einer der genannten Lösungen oben auf das Quecksilber, so verlängert sich die Sichel nach beiden Seiten. In diesen Fällen giebt ein Teil der zugeführten Hg-Ionen seine positiven Ladungen an das Quecksilber ab, respektive ein Teil der oxydierend wirkenden Ionen entzieht dem Quecksilber (gemäss dem Bestreben der Oxydationsmittel) negative Ladungen, was mit einer Abgabe von positiven Ladungen an das Quecksilber identisch ist. Infolge dieser Vorgänge findet, wie die Versuche sehr deutlich erkennen lassen, eine Verringerung der Oberflächenspannung statt.

Versuche durch Fortnahme der Quecksilber-Ionen mittels KCN, sowie durch reduzierende Substanzen (Hydrochinon in Alkali) die positive Ladung des Quecksilbers zu verringern und auf diese Weise eine Kontraktion zu verursachen, führten zu keinem deutlichen Resultat; ebenso ungünstig gestalteten sich die Versuche, nach der Neutralisation der positiven Ladungen das Quecksilber — etwa durch Hydroxylamin in Alkali — so stark negativ zu laden, dass nunmehr wiederum eine Verringerung der Oberflächenspannung eingetreten wäre. Mehreremal schien es, als ob die Versuche gelungen seien; später konnte ich dieselben jedoch nicht wieder mit dem gleichen Erfolg ausführen.

(Eingegangen 6. Aug. 1899.)

1) Ostwald, Lehrbuch II, 1; 922.

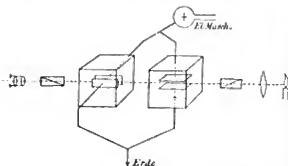
Eine Kapazitätsbestimmung mit Hilfe der elektrischen Doppelbrechung.

Von R. Wachsmuth und K. Bergwitz.

Verzweigt sich ein Wechselstromkreis in zwei Zweige und enthält der eine Zweig nur einen induktionslosen Widerstand, der andere aber einen Kondensator, so tritt zwischen beiden Zweigen eine Phasendifferenz auf. Es fragt sich, ob diese Phasendifferenz zu einer Bestimmung der Kapazität des Kondensators benutzt werden kann.

Beobachtungen über die elektrische Doppelbrechung bei Schwefelkohlenstoff, die der eine von uns (W.) schon vor Jahren angestellt hatte, liessen vermuten, dass diese Erscheinung mit Erfolg sich zu der Messung einer Phasenverschiebung verwenden lasse.

Schickt man einen linear polarisierten Lichtstrahl zwischen zwei in Schwefelkohlenstoff getauchten planparallelen Platten hindurch, die zu einem möglichst hohen Potential elektrostatisch geladen sind, so ergiebt sich aus den Versuchen von Kerr, Röntgen, Quincke u. a., dass der Schwefelkohlenstoff sich verhält wie ein einachsiger Krystall. Ist die Polarisationsebene unter 45^0 gegen die Platten geneigt, so tritt bei gekreuzten Nikols Helligkeit auf. Stellt man jetzt in den Weg des Lichtstrahles noch ein zweites gleiches und gleich hoch geladenes Plattenpaar, so lässt sich die Wirkung des ersten Paares aufheben, wenn man dem zweiten eine Neigung von 90^0 gegen das erste giebt. (Figur.)



Blondlot und Des Coudres haben gezeigt, dass die Erscheinung der elektrischen Doppelbrechung nicht bloss bei elektrostatischen Zuständen wahrnehmbar ist, sondern auch auftritt, wenn die Ladungen einem periodischen Wechsel unterliegen. In der That hat kürzlich Hess darauf eine Methode der Messung langsamer Schwingungen von Induktorien aufbauen können. Ein Versuch mit gekreuzten Plattenpaaren bestätigte, dass auch bei Anwendung der hochgespannten Wechselströme eines Induktoriums die von einem Plattenpaar hervorgerufene Aufhellung durch das zweite Paar wieder kompensiert wurde und zwar bei beliebiger Wechselzahl. Dabei ist völlige Gleichheit der Oberflächen und gleicher Abstand vorausgesetzt, so dass beide Plattenpaare als völlig gleiche Kondensatoren in den beiden Zweigen des Wechselstromkreises liegen.

Schaltet man jetzt eine kleine Leydener Flasche in den einen Zweig ein, so sind die Kapazitäten beider Zweige nicht mehr gleich. Der Versuch zeigt, dass dann die beiden Aufhellungen sich nicht mehr aufzuheben vermögen und auch durch eingeschalteten Widerstand im anderen Zweig nicht zur Kompensation gebracht werden können, offenbar weil sie nicht mehr zeitlich zusammenfallen. Die Leydener Flasche hat eine Phasenverschiebung hervorgerufen. — Dunkelheit des Gesichtsfeldes tritt erst wieder ein, wenn man auch in den zweiten Zweig eine entsprechende, d. h. eine genau gleich grosse Kapazität einführt.

Es fragt sich, wie genau sich die Kapazität eines beliebigen Kondensators wird messen lassen, wenn der zweite Zweig einen variablen Messkondensator enthält. Die Frage findet ihre Antwort in einer eingehenden Untersuchung, die der andere von uns (B.) demnächst veröffentlichen wird.

Benutzt wurde ein von der Firma Müller-Uri in Braunschweig nach Angabe gefertigter Zwillingsapparat, der in demselben Glaskasten, durch eine plane Glaswand getrennt, beide Plattenpaare enthielt. Der Messkondensator dagegen musste selbstgefertigt werden.

Da die durch einen Kondensator hervorgerufene Phasenverschiebung dargestellt ist durch $\varphi = arc\ tang\ 1/(C.R.p.)$, worin C die Kapazität, R den Widerstand und $p = 2\pi/t$ eine der Wechselzahl proportionale Grösse bedeutet, so sieht man, dass bedeutende Phasenverschiebungen nur bei kleinen Kapazitätswerten auftreten. Der Versuch ergab, dass unterhalb von ca. 150 el. stat. Einheiten genaue Messungen möglich waren. Selbstgefertigte kleine Franklinsche Tafeln zeigten nur einige Zehntel Prozent Differenz zwischen Beobachtung und Berechnung.

Grössere Kapazitäten erforderten zu ihrer Bestimmung eine besondere Methode. Sie wurden mit einem kleinen Kondensator in Serie geschaltet und drückten dadurch dessen bereits bekannten Wert etwas herab. Seien C_m die augenblickliche Kapazität des Messkondensators, C_v die bekannte Kapazität des vorgeschalteten kleinen Hilfskondensators und C_x die unbekannte grosse Kapazität, so wird $C_x = C_v C_m / (C_v - C_m)$. Für einige grosse Leydener Flaschen ergab sich so zwischen einer genauen ballistischen Kapazitätsbestimmung und einer Messung nach der vorstehenden Methode eine Differenz von maximal 10%. Die Formel zeigt, dass

nur ein sehr guter Messkondensator genauere Werte wird liefern können, weil die Differenz $C_t - C_m$ immer eine sehr kleine Grösse ist.

Rostock, August 1899.

(Eingegangen 6. Aug. 1899.)

Über Wellenströme.

Von C. Heinke, München.

Durch gleichzeitige Messungen von Stromstärke $\mathfrak{J}$, Spannung E und elektrischer Leistung P mit Hilfe der in Fig. 1 skizzierten Messanordnung fand ich, dass der periodisch veränderliche elektrische Ausgleich, wie er u. a. durch Verwendung eines Wehnelt-Unterbrechers U in Verbindung mit Selbstinduktion (L, R) bei Benutzung einer Gleichstromquelle (B) stattfindet, in allen energetisch in Frage kommenden Beziehungen in zwei Komponenten aufgelöst werden kann. Hiernach würde jeder elektrische Ausgleichvorgang, obwohl unsymmetrisch periodisch veränderlich, eine Auflösung der Hauptgrössen $\mathfrak{J}$ und E in ein Gleichstromniveau mit aufgelagertem Wechselglied zulassen, wobei man für das letztere in effektiver Hinsicht einen äquivalenten symmetrischen Wechselstrom bezw. eine ebensolche Wechselspannung einführen kann. Diese Kombination sei der Kürze halber als Wellenstrom, die Hauptgrössen als Wellenstromstärke bezw. Wellenspannung bezeichnet.

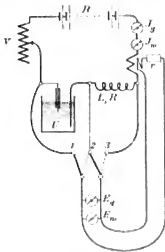


Fig. 1.

Die Auflösung der mit effektive Mittelwerte anzeigenden Messinstrumenten erhaltenen Wellenstromgrössen $\mathfrak{J}_w$ und E_w (vgl. Fig. 1) in ihre beiden Komponenten erfolgt durch gleichzeitige Messung der Stromstärke und Spannung mit voltametrische (galvanometrische) Mittelwerte anzeigenden Instrumenten (in Fig. 1 $\mathfrak{J}_g$ und E_g), wodurch sich die auf dem Gleichstromniveau $\mathfrak{J}_g$ bezw. Gleichspannungsniveau E_g aufgelagerte äquivalente Wechselstromstärke $\mathfrak{J}_\sim$ (effektiv gemessen) bezw. Wechselspannung $E_\sim$ zu

$$\mathfrak{J}_\sim = \sqrt{(\mathfrak{J}_w)^2 - (\mathfrak{J}_g)^2} \text{ bezw. } E_\sim = \sqrt{(E_w)^2 - (E_g)^2}$$

ergiebt, während die jeweiligen Momentanwerte bei Einführung einer äquivalenten Sinuswelle für die rechnerische Behandlung des Wechselgliedes sich zu

$$i_w = \mathfrak{J}_g + (\sqrt{2}\, \mathfrak{J}_\sim) \sin\alpha = \mathfrak{J}_g + i_\sim \text{ bezw.}$$

$$e_w = E_g + (\sqrt{2}\, E_\sim) \sin(\alpha + \varphi) = E_g + e_\sim$$

darstellen würden (vgl. die graphische Darstellung für i_w in rechtwinkligen und Polarkoordinaten in Fig. 2). Die Integration einmal bei

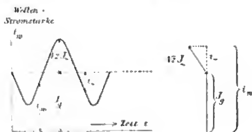


Fig. 2.

effektiver, einmal bei galvanometrischer Wirkung, d. h. im letzteren Fall die Angabe durch Messinstrumente mit einseitiger Konstanthaltung des einen Antriebsfaktors, ergiebt die obige Beziehung der Mittelwerte (näheres vgl. entweder E.T.Z. 1899 Heft 29 und 30, oder einen späteren, für Wied. Ann. bestimmten Aufsatz: Zur Messung elektrischer Grössen bei periodisch veränderlichen Strömen). Bei Durchführung der Spannungsmessungen in der durch Fig. 1 angedeuteten Weise d. h. einmal zwischen den Punkten 1 und 3, hierauf 1 und 2 d. h. Wellenstromerreger (hier Wehnelt-Unterbrecher) allein, endlich 2 und 3 d. h. künstliche Selbstinduktion bezw. sekundär belasteter Wechselstromtransformator (hier Igel-Transformator oder eine entsprechend wirkende Anordnung, wie Induktorium) werden drei Wellenspannungen ($E_w^{1,3}$, $E_w^{1,2}$, $E_w^{2,3}$) und hieraus wie oben drei Wechselspannungen ($E_\sim^{1,3}$, $E_\sim^{1,2}$, $E_\sim^{2,3}$) erhalten, deren gegenseitige Stellung in der Periode d. i. ihr Phasenabstand — bei Benutzung der äquivalenten Sinuswelle durch die Maximalwerte charakterisiert, sonst bei abweichendem Kurvenverlauf als äquivalenter Phasenabstand durch energetisch in Frage kommende Schwerlinien der Kurvenflächen — jene effektiven Mittelwerte nach Art eines Kräftedreiecks geben, wenn hinreichende Konstanz

der Betriebsverhältnisse während dieser drei zusammengehörigen Messungen gewahrt bleibt.

Die jederzeit gleichzeitig mittels des in Fig. 1 angedeuteten Wattmeters vorgenommene Messung der in jeder der drei Kreislaufstrecken wirklich umgesetzten elektrischen Leistung liefert nicht nur die effektive Wellenstromleistung P_w, sondern auch gegenüber der scheinbaren Gleichstromleistung $P_g = \mathfrak{J}_g . E_g$ die Energie- bezw. Leistungsverschiebungen, welche infolge der auftretenden Phasenverschiebungen zwischen den zusammengehörigen Wechselgliedern der Stromstärke $\mathfrak{J}_\sim$ und Spannung $E_\sim$ sich ergeben. Hieraus folgt einerseits die Zerlegung des sich durch Integration der momentanen Wellenstromleistungen

$$p_w = e_w . i_w =$$

$$[E_g + (\sqrt{2}\, E_\sim) \sin (\alpha + \varphi)] [\mathfrak{J}_g + \sqrt{2}\, \mathfrak{J}_\sim) \sin \alpha]$$

über eine Periode zu

$$P_w = E_g . \mathfrak{J}_g + E_\sim . \mathfrak{J}_\sim \cos \varphi = P_g + P_\sim$$

ergebenden Wertes der effektiven Wellenstromleistung P_w in die beiden Faktoren der scheinbaren Gleichstromleistung P_g und der Wechselstromleistung $P_\sim$, andererseits unter gleichzeitiger Benutzung aller so abgeleiteten Wechselstromwerte ($E_\sim$, $\mathfrak{J}_\sim$ und $P_\sim$) die Grösse der äquivalenten Phasenverschiebungen zwischen der Wechselstromstärke $\mathfrak{J}_\sim$ und den verschiedenen Spannungskomponenten. Gleichzeitig bietet die diagrammatische und rechnerische Bestimmung der resultierenden Grössen auf Grund der durch die Messungen gegebenen Überbestimmungen die sicherste Kontrolle über die Zulässigkeit bezw. Richtigkeit der oben angeführten Zerlegung der Hauptgrössen unter Einführung äquivalenter Wechselglieder, die zwar nicht bezüglich der Maximalwerte, wohl aber in allen effektiven Beziehungen die unsymmetrisch periodischen Veränderungen der Hauptgrössen darstellen. Dieses Experimentum crucis fällt nun im vorliegenden Falle völlig befriedigend aus.

Unter Hinweis auf die oben erwähnten näheren Ausführungen bezw. weiteren Zahlenbelege seien hier nur als Beispiel die mit der Messanordnung in Fig. 1 erhaltenen beobachteten Werte (obere Reihe), sowie die daraus abgeleiteten Werte (untere Reihe) nebst Darstellung der äquivalenten Wechselstromgrössen im Polardiagramm der Fig. 3 angeführt für den Fall der Einschaltung der Niederspannungswicklung eines Igel-Transformators zwischen die Punkte 2, 3 (200 Windungen, ohmscher Widerstand R etwa 0.06 Ω, L ohne sekundäre Belastung etwa 0.020 Henry) und Belastung der sekundären Hochspannungswicklung (2000 Windungen) mit einem Hochspannungskondensator, dessen wirksame Kapazität in diesem Fall etwa 2.40 Mf betrug und eine mit Hitzdrahtinstrument gemessene Stromstärke von 0.44 Amp. veranlasste.

Fig. 3.

Zwischen den Punkten	E_g Volt	E_w Volt	$\mathfrak{J}_g$ Amp.	$\mathfrak{J}_w$ Amp.	P_w Watt
1 und 3	30·0	39·	10·1	12·2	137·
1 „ 2	29·5	58·	10·2	12·2	113·
2 „ 3	0·5	43·5	10·2	12·2	24·

Zwischen den Punkten	$P_g = E_g . \mathfrak{J}_g$	$P_\sim$ Watt	$\mathfrak{J}_\sim$ Amp.	$E_\sim$ Volt	$P_s = \mathfrak{J}_\sim . E_\sim$	$\cos \varphi = \frac{P_\sim}{P_s}$	φ
1 u. 3	304	− 166	6·84	25·0	171·	− 0·97	− 14°
1 „ 2	300	− 187	6·66	50·0	333·	− 0·562	− 55° 50′
2 „ 3	5	+ 19	6·66	43·5	290·	+ 0·065	+ 86° 20′

Beim Phasenverschiebungswinkel φ zwischen der gemeinsamen Stromstärke $J_\sim$ und den Spannungskomponenten drückt das Vorzeichen + den Abstand von dem Stromvektor selbst, das Vorzeichen — den Abstand von der Verlängerung desselben jenseits vom Anfangspunkt aus (vgl. Polardiagramm in Fig. 3). Die aus der zweiten und dritten Beobachtungsreihe allein rückwärts gerechnete Wellenstromspannung $E_w^{1,3}$ liefert den Wert 39.3 Volt, während beobachtet ist 39 Volt, eine Probe, wie sie im vorliegenden Falle gar nicht besser erwartet werden kann. Die Werte für $P_\sim$ lassen ohne weiteres erkennen, wie wenig **auch bei Entnahme der elektrischen Leistung aus einer Gleichstromquelle** das Produkt der Gleichstromgrössen $E_g . \mathfrak{J}_g$ ein Mass für die wahre elektrische Leistung abzugeben vermag und wie notwendig bei allen als Wellenstrom zu bezeichnenden elektrischen Ausgleichvorgängen eine eigene Leistungsmessung ist.

Schliesslich lassen alle in Frage kommenden Wellenstromgrössen, nämlich $\mathfrak{J}_w$, E_w und P_w, erkennen, dass die bisher allein näher untersuchten Ausgleichvorgänge des konstanten Gleichstroms und des symmetrischen Wechselstroms als Specialfälle des allgemeineren Wellenstroms erscheinen, indem bei ersterem das Wechselglied, bei letzterem das einseitig gerichtete Gleichstromniveau sich praktisch nicht merklich von Null unterscheidet.

(Eingegangen 10. Aug. 1899.)

Zur Dynamik der Serienschwingungen eines Linienspektrums.

Von Eduard Riecke.

Die einfachen Formeln, durch welche Kayser und Runge die Schwingungszahlen der Serien von Linienspektren dargestellt haben, geben eine so gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen, sie zeigen sich anderen dreikonstantigen Formeln, wie man sie in verschiedener Weise versuchen kann, in so hohem Masse überlegen, dass sie dem wahren Gesetze der Schwingungszahlen jedenfalls ausserordentlich nahe kommen müssen. Es erscheint daher gerechtfertigt, wenn man von jenen Formeln ausgeht, um zu einem anschaulichen Bild für den Mechanismus der Serienschwingungen zu gelangen.

Über das Resultat eines nach dieser Richtung hin unternommenen Versuches mag im folgenden kurz berichtet werden.

Unsere Betrachtung bezieht sich auf ein schwingungsfähiges Gebilde von folgender Beschaffenheit. Es seien zwei gleiche Ringe 1 und 2 gegeben, deren Ebenen senkrecht zu einer und derselben Achse x liegen, deren Mittelpunkte in dieser Achse in einigem Abstande übereinander gelegen sind. Jedem Punkte des Ringes 1 werde eine Verschiebung u_1, jedem Punkte des Ringes 2 eine Verschiebung u_2 zugeordnet. Über die Natur dieser Verschiebungen machen wir keine besonderen Voraussetzungen; man kann dabei an Verschiebungen von Ionen oder an Verschiebungen des Elektrons denken. Jeder Ring besitze für sich genommen eine Reihe verschiedener Schwingungsarten, welche sich voneinander durch die Zahl der Knotenpunkte unterscheiden, die auf der Peripherie des Ringes in gerader Anzahl gleichförmig verteilt sind. Die einzelnen Punkte der Ringe seien durch das Azimut φ der durch sie hindurchgehenden Meridianebene bestimmt. Die Verschiebungen u_1 und u_2 werden dann abhängig sein einerseits von dem Azimut φ der Punkte, denen sie zugeordnet sind, andererseits von der Zeit.

Die Schwingungen der Ringe 1 und 2 mögen nun miteinander verkoppelt sein durch die Gleichungen:

$$\frac{d^5 u_1}{d\varphi^4\,dt} = 2\pi a \frac{d^4 u_2}{d\varphi^4} + 2\pi b \frac{d^2 u_2}{d\varphi^2} - 2\pi c u_2,$$

$$\frac{d^5 u_2}{d\varphi^4\,dt} = -2\pi a \frac{d^4 u_1}{d\varphi^4} - 2\pi b \frac{d^2 u_1}{d\varphi^2} + 2\pi c u_1.$$

Diese Gleichungen werden befriedigt durch die Ansätze:

$$u_1 = \sum_n A_n \sin n\varphi \sin 2\pi pt,$$

$$u_2 = \sum_n A_n \sin n\varphi \cos 2\pi pt,$$

wenn zwischen den Zahlen p und n die Beziehung besteht:

$$p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Die den einzelnen Partialschwingungen entsprechenden Knotenpunkte der beiden Ringe liegen paarweise in einer und derselben Meridianebene.

Die Schwingungen gleicher Ordnung besitzen für die beiden Ringe eine Phasendifferenz von einer Viertelperiode.

Die Zahl der bei einer beliebigen Partialschwingung auf einem Ring vorhandenen Knotenpunkte ist gleich $2n$.

Die entsprechende Schwingungszahl ist gegeben durch die Formel von Kayser und Runge:

$$p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Eine etwas ausführlichere Darstellung behalte ich mir vor für die Annalen der Physik.

(Eingegangen 10. Aug. 1899.)

Über die bei der elektrischen Entladung entwickelte Wärme.

Von W. Wien.

Die Vorgänge beim Durchgange eines galvanischen Stroms durch verdünnte Gase weichen in vieler Beziehung von den Gesetzen des konstanten Stroms für metallische und elektrolytische Leiter ab. Nach den bisher vorliegenden Beobachtungen scheint die Hittorfsche Annahme, dass eine konstante elektromotorische Kraft auch in einem Stromkreise, der auf eine Strecke von einem verdünnten Gase gebildet wird, einen konstanten Strom unterhält, sich am besten zu bewähren.

Bei diesem konstanten Strome sind aber die metallischen oder elektrolytischen Teile des Stromkreises wohl von dem gasförmigen zu unterscheiden. Hier kann der Strom nicht in dem gewöhnlichen Sinne ein konstanter sein. Denn wir wissen von dem Mechanismus der Stromleitung in Gasen so viel, dass die Stromenergie dazu verwendet wird, elektrisch geladenen Teilchen grosse Geschwindigkeiten zu erteilen, also zur Beschleunigung träger Massen zu dienen. Ein elektrisch geladenes Teilchen, das immer grösser werdende Geschwindigkeiten annimmt oder beim Anprallen diese Geschwindigkeit wieder verliert, muss nach den wohlbewährten Grundsätzen der Maxwellschen Theorie elektromagnetische Energie ausstrahlen.

Der Betrag dieser Ausstrahlung lässt sich nicht angeben, da uns die Gestalt und die Dimensionen des elektrischen Teilchens unbe-

kannt sind. Wir können nur behaupten, dass diese Ausstrahlung in einem bestimmten Verhältnis mit zunehmender Geschwindigkeit zunehmen muss. Wir haben zunächst auch keinen Anhaltspunkt dafür, wie gross etwa diese ausgestrahlte elektromagnetische Energie im Vergleich zu der Bewegungsenergie des Teilchens ist. Nun lässt sich aber im konstanten Strom die im gasförmigen Leiter verzehrte Energie durch das Produkt aus Spannungsdifferenz und Stromstärke berechnen. Diese Energie muss als Wärmewirkung wieder zum Vorschein kommen, wenn die ausgestrahlte Energie unmerklich ist gegen die zur Bewegung der Teilchen verbrauchte und beim Anprallen der Teilchen in Wärme verwandelte Energie.

Ist dagegen ein erheblicher Bruchteil der Energie ausgestrahlt, so muss die entwickelte Wärmemenge kleiner sein, als der berechneten Stromarbeit entspricht.

Um hierüber Aufschluss zu gewinnen, habe ich die Stromstärke und Spannung eines von einem Hochspannungsaccumulator gelieferten Stromes gemessen und gleichzeitig die gesamte, in einer Entladungsröhre auftretende Wärmemenge bestimmt.

Die Messung der Stromstärke geschah mit einer Tangentenbussole, deren Reduktionsfaktor mit dem Silbervoltameter bestimmt war.

Die eingeschalteten Entladungsröhren hatten verschiedenen Querschnitt und teils spitze, teils scheibenförmige Elektroden.

Die Elektrodenspannung und Stromstärke wurde sowohl durch die verschiedenen Entladungsröhren, als durch Veränderung der Verdünnung der Luft in der Röhre, sowie schliesslich durch Anwendung verschiedener Anzahl eingeschaltener Hochspannungszellen variiert. In den meisten Fällen war auch noch ein Flüssigkeitswiderstand vorgeschaltet.

Gemessen wurde die Spannung an den Elektroden durch ein Sinuselektrometer, das durch den Hochspannungsaccumulator geaicht war, dessen Spannung gruppenweise bestimmt wurde.

Die in der Röhre entwickelte Wärmemenge durch ein gewöhnliches Calorimeter zu bestimmen wäre zu ungenau gewesen. Sie wurde deshalb mit dem Eiscalorimeter bestimmt.

Durch Veränderlichkeit des äusseren Druckes war die Eismenge im Calorimeter nicht ganz konstant, auch wenn äussere Wärme ferngehalten wurde. Diese Veränderung, die ziemlich gleichmässig war, wurde durch Wägung des Quecksilbers in Zeiträumen von 6 Stunden bestimmt und kontrolliert. Die Entladungsröhren ragten bis auf den Grund des Calorimetergefässes und waren oben durch schlechte Wärmeleiter gut isoliert.

Der Strom wurde bei der Messung 10 Minuten lang geschlossen und nachher so lange gewartet, bis alle Wärme zum Schmelzen des Eises verbraucht war. Da die Wandungen der Glasröhren sehr dünn gewählt waren, ging der Wärmedurchgang ziemlich schnell von statten. Die Messungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt; nur die waren verwertbar, bei denen der Strom sich konstant gehalten hatte, was in den meisten Fällen nicht der Fall war.

Elektrodenspannung Volt	Stromstärke Ampère	Calorien berechnet	Calorien beobachtet
368	0,001085	0,0954	0,0949
425	0,001731	0,175	0,174
535	0,001152	0,147	0,149
542	0,003071	0,397	0,394
562	0,005682	0,763	0,771
667	0,002040	0,325	0,322
682	0,004394	0,716	0,713
687	0,005098	0,837	0,846
699	0,000871	0,145	0,143
838	0,002026	0,406	0,411
846	0,003458	0,699	0,703
932	0,001731	0,385	0,393
950	0,001889	0,429	0,436
1650	0,000310	0,122	0,125.

Aus diesen Zahlen ist zu schliessen, dass bei den angewandten Spannungen jedenfalls bis auf einige Prozent, die innerhalb der Versuchsfehler liegen, alle Stromarbeit auch bei der Entladung in Wärme umgesetzt wird.

(Eingegangen 16. Aug. 1899.)

Über einen Apparat zur Messung der Elektricitätszerstreuung in der Luft.

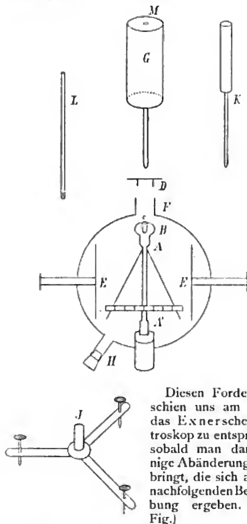
Von J. Elster und H. Geitel.

Bekanntlich ist es möglich, durch gewisse Einflüsse die Luft in einen Zustand zu versetzen, in dem sie ein merkliches elektrisches Leitungsvermögen hat. Man kann dies z. B. erreichen durch Einführung eines glühenden Körpers oder eines Stückes in langsamer Oxydation begriffenen Phosphors und in einer von Nebenwirkungen anscheinend freien Weise durch Röntgen- oder Becquerelstrahlen. Gerade bei der Untersuchung der letztgenannten Erscheinung ist es wünschenswert, auch geringe Spuren von Leitfähigkeit in der Luft feststellen zu können. Ebenso ist es eine Frage von besonderem Interesse, ob auch in der freien atmosphärischen Luft ein gewisses Leitvermögen bemerkbar ist.

Diese Erwägungen veranlassten uns dazu, eine Vorrichtung zu konstruieren, mittels der die Elektricitätszerstreuung in freier Luft in einwandfreier Weise bestimmt werden könne.

Ein solcher Apparat muss als wesentliche Bestandteile zuerst einen Körper enthalten, von

dessen Oberfläche die Elektricitätsabgabe an die Luft erfolgen soll, und ferner ein Elektrometer, das zur Beobachtung seines elektrischen Zustandes dient. In der Wahl des Elektrometers liegt eine gewisse Schwierigkeit. Damit nämlich der durch die niemals vollkommene Isolation der Träger des elektrisierten Systems verursachte Fehler möglichst gering sei, ist ihre Anzahl so weit einzuschränken, als es irgend mit der Stabilität verträglich ist. Zugleich ist zu fordern, dass man jederzeit von der Grösse dieses Fehlers zuverlässige Kenntnis erlangen könne, und schliesslich ist eine möglichst kleine Kapazität des Apparats wünschenswert, damit ein Elektricitätsverlust schon in einem mässigen Zeitraume durch einen deutlichen Spannungsabfall sich zu erkennen giebt.



Diesen Forderungen schien uns am besten das Exnersche Elektroskop zu entsprechen, sobald man daran einige Abänderungen anbringt, die sich aus der nachfolgenden Beschreibung ergeben. (Vgl. Fig.)

Die etwas stark gearbeitete Trennungsplatte *A* der Aluminiumblättchen trägt an ihrem unteren Ende einen kurzen cylindrischen Ansatz A' aus Messing und ist mit diesem — abweichend von der Exnerschen Konstruktion — an der tiefsten Stelle des Gehäuses in einen starken gefirnissten Ebonitstopfen eingelassen. Oben endet sie in eine kleine Kugel *B* mit konischer Bohrung *C*. Liegt das Instrument in dem zugehörigen Etui, so ist das Gehäuse oben durch den Deckel *D* geschlossen und die Schutzbacken *E* sind — wie bei der gewöhnlichen Form — zusammengeschoben. Vor dem Gebrauche nimmt man den Deckel ab, zieht die Schutzbacken zurück, soweit dies möglich ist, und führt durch die Öffnung *F* des Gehäuses einen Metallstift ein, dessen unteres konisches Ende genau in die Bohrung der Kugel *B* hineinpasst. Handelt es sich um die Benutzung des Instruments zu Messungen von Potentialdifferenzen, so muss dieser Stift an seinem oberen aus *F* hervorragenden Ende eine Klemmschraube zur Herstellung von Drahtverbindungen tragen, soll es zu Zerstreuungsbeobachtungen dienen, so ist dem Stifte unmittelbar ein geschlossener cylindrischer Hohlkörper *G* aus geschwärztem Messingblech von 9 cm Höhe und 5 cm Durchmesser aufgesetzt.

Der Vorzug der beschriebenen Konstruktion des Elektroskops liegt darin, dass die einzige isolierende Vorrichtung weder mit der Aussenluft noch irgend welchen fremden Körpern in Berührung kommen kann. Will man sie noch gegen etwa einfallenden Staub und gegen Licht schützen, so ist dies durch eine unmittelbar über dem Ebonit bei A' angebrachte Schutzplatte aus dünnem Messingblech leicht erreichbar.

Für den Fall, dass bei hohem Feuchtigkeitsgehalte der Luft die Isolation mangelhaft wird, ist eine Trockenkammer angebracht, nämlich der für gewöhnlich durch einen Gummistopfen geschlossene Glastubus *H*, in den ein erbsengrosses Stück metallischen Natriums, an eine durch einen Gummistopfen geführte Nadel aufgespiesst, eingebracht werden kann. Selbstverständlich muss das Natrium, bevor der Apparat nach dem Gebrauch in das Etui gelegt wird, entfernt werden. Zur Aufbewahrung des Natriums dient ein kleines Glasröhrchen von denselben Dimensionen wie der Tubus *A*.

Skala und Visierstrich sind wie bei der ursprünglichen Form angebracht, die Aichung des Instruments geschieht am einfachsten an einem Hochspannungsaccumulator.

Zur Anstellung von Zerstreuungsversuchen in geschlossenen Räumen setzt man das Elektroskop auf den in der Mitte eines von Stellschrauben getragenen Dreifusses befestigten Zapfen *J*, führt den Zerstreuungskörper *G* ein und ladet dann das aus diesem und dem Elektroskop zusammengesetzte System mittels einer Zambonischen Säule etwa positiv. Man wartet nun ungefähr 5', damit der isolierende Ebonitstopfen an der Berührungslinie mit dem eingesetzten Metallstifte sich positiv laden und innen dielektrisch polarisieren könne und liest dann

die Divergenz der Blättchen ab; dieser möge nach der Aichungstabelle ein Potential von V_0 Volt entsprechen.

Je nach dem Grade der Leitfähigkeit der Luft überlässt man nun den Apparat kürzere oder längere Zeit (bis 15′) sich selbst, bis eine deutliche Spannungsabnahme stattgefunden hat, liest dann wieder die Divergenz ab (entsprechend V Volt) und notiert die zwischen beiden Ablesungen liegende Zeit t. Alsdann entfernt man den Zerstreuungscylinder und führt statt dessen einen mit isolierender Handhabe versehenen Stift K ein, ladet nochmals mit demselben Vorzeichen, zieht den Stift heraus, so dass jetzt allein die Elektroskopblättchen mit ihrem Träger elektrisiert zurückbleiben und beobachtet wiederum ihre Divergenz (V_0'). Nach der Zeit t', mindestens derselben, die man auf den ersten Versuch verwendet hatte, liest man die Divergenz V_0' ab. Bezeichnet man nun mit n das Verhältnis der Kapazität des Elektroskops allein zu der der Summe von Elektroskop und Zerstreuungscylinder, so ist der Ausdruck:

$$e = \frac{1}{t} \log \frac{V_0}{V_1} - \frac{n}{t} \log \frac{V_0'}{V_1'}$$

ein Mass für die während der Expositionszeit von dem Zerstreuungscylinder an die Luft abgegebene Elektricitätsmenge.

Will man einen Versuch mit negativer Ladung anschliessen, so muss man vor der ersten Ablesung das ganze System wieder etwa 5′ negativ geladen stehen lassen, damit der Ebonitstopfen seine Oberflächenladung wechseln kann und der Rückstand der voraufgegangenen Ladung neutralisiert wird.

Die Konstante n des Apparats bestimmt man durch den Versuch in folgender Weise. Man schraubt an den Zerstreuungscylinder S in einer im Mittelpunkt seiner oberen Grundfläche gelassenen kleinen Öffnung M ein mit einem Gewinde versehenes Ebonitstäbchen L ein, ladet das Elektroskop in der angegebenen Weise auf eine bestimmte Divergenz D und senkt nun vorsichtig, ohne die Wand zu berühren, von oben her den Stift des unelektrischen Zerstreuungscylinders in die Öffnung F hinein, indem man als Handgriff das Stäbchen L benutzt, bis er in der konischen Öffnung der Kugel B festsitzt. Nun liest man die Divergenz D_1 ab. Das Verhältnis der zu D_1 und D gehörigen Voltzahlen ist die gesuchte Konstante n.

Das zweite Glied der Formel ist eine Korrektion, deren Betrag, wenn die Isolation genügend ist, nur wenig über die Fehlergrenze der Methode hinausgeht.

Wegen dieser Geringfügigkeit der Korrektion halten wir die hier vorgeschlagene Methode zur Bestimmung des Kapazitätsverhältnisses n, obgleich sie ungenau ist, doch für ausreichend. Vernachlässigt ist dabei der Umstand, dass die Elektricitätsverteilung auf den Blättchen und ihrem Träger sich etwas ändert, sobald der Zerstreuungskörper aufgesetzt wird, auch die Kapazitätsänderungen, die mit dem Spreizen und Zusammenfallen der Blättchen verbunden sind, wurden nicht in Betracht gezogen.

Für Beobachtungen der Elektricitätszerstreuung in der freien Atmosphäre setzen wir auf denselben Dreifuss, der das Elektroskop trägt, in der Verlängerung der einen Stellschraube einen Metallstab, an dem ein oben mit einem Deckel verschliessbarer, innen geschwärzter Messingcylinder von etwa 14 cm Höhe und 19 cm Weite so befestigt wird, dass der Zerstreuungscylinder in seiner Achse liegt und durch ihn vor den Schwankungen des äusseren elektrischen Feldes, vor direktem Sonnenlichte und starker Luftbewegung geschützt wird. Natürlich ist für diese Anordnung die Konstante n neu zu bestimmen.

Sämtliche Bestandteile des Apparats einschliesslich der Zambonischen Säule und des Elektroskops sind nach einer von Herrn Mechaniker Günther in Braunschweig getroffenen Anordnung in einem leicht transportablen Kasten zu verpacken, der dann selbst zugleich als Unterlage zur Aufstellung des Instrumentes dient.

Stellt man den Apparat in der Mitte eines Zimmers von etwa 65 m³ Rauminhalt auf und bestimmt den Elektricitätsverlust in 10 Minuten, so findet man eine Zunahme auf etwa das Doppelte dieses Betrages, sobald man ein Stück Uran-Pecherz von etwa 300 Gramm 2 bis 3 m entfernt von dem Apparat in das Zimmer legt. Noch deutlicher verrät sich natürlich die Anwesenheit der stark radioaktiven Substanzen, die man nach der Methode von Herrn und Frau Curie aus dem Uran-Pecherz gewinnt. Man kann sogar in Räumen, die diese Stoffe gar nicht enthalten, abnorme Elektricitätsstreuungen beobachten nur infolge des Eindringens von Luft aus benachbarten Zimmern, in denen sogenannte Radium- und Poloniumpräparate aufbewahrt werden.

Über die mit dem Apparate ausgeführten Messungen der Elektricitätszerstreuung in der freien Atmosphäre gedenken wir an anderer Stelle ausführlich zu berichten, doch möchten wir die wesentlichen Ergebnisse hier kurz zusammenfassen.

Die Elektricitätszerstreuung ist nicht zu allen Zeiten dieselbe, sondern zeigt, wie andere meteorologische Elemente eine gewisse Veränderlichkeit. Sie ist stark abhängig von der Gegenwart atmosphärischer Trübungen, wie Nebel, Dunst, Höhenrauch, und zwar ist sie um so geringer, je trüber die Luft ist. Die Windstärke und absolute Feuchtigkeit sind von

unbedeutendem Einflusse, die relative insofern, als bei Annäherung an den Sättigungspunkt die Zerstreuung abnimmt. Im Tieflande ist sie für positive und negative Ladungen im allgemeinen nahe gleich. Im Gebirge findet man an nebelfreien Tagen mit zunehmender Meereshöhe eine Zunahme der Zerstreuung und zwar für beide Elektricitätsarten, solange man in den Thälern bleibt. Auf Bergspitzen ist der Verlust der negativen Elektricität bei klarem Wetter viel grösser als der der positiven. Bei Nebel sinken beide auch hier auf ein Minimum herab. In der Nähe von Wasserfällen wird dagegen die positive Ladung besonders schnell zerstreut.

Diese polaren Unterschiede lassen sich auch im Tieflande künstlich herbeiführen. Man stellt den ganzen Apparat, nachdem der Zerstreuungskörper geladen ist, von einem allseitig geschlossenen Drahtgeflecht umgeben isoliert auf. Ladet man nun den Drahtkäfig mit gleichnamiger Elektricität, so erfolgt die Zerstreuung im Innern viel schneller, als bei ungleichnamiger Ladung.

Die Ergebnisse lassen sich am einfachsten übersehen unter der Annahme, dass die Luft kleinste Teilchen von positiver und negativer Eigenladung enthält, die durch ihre Berührung mit entgegengesetzt geladenen Körpern deren Entladung bewirken und die (abgesehen von einem geringen Überschusse der positiven, durch deren Eigenelektricität gerade die des Erdkörpers neutralisiert werden würde) in etwa gleichen Mengen vorhanden sind. Bei der Nebelbildung wirken sie als Kondensationskerne; hierdurch wird ihre Masse vergrössert und ihre Beweglichkeit gehemmt. Bergspitzen, in denen die negative Erdelektricität die grösste Dichtigkeit hat, ziehen die positiven heran und verdrängen die negativen, in der Nähe von Wasserfällen überwiegen infolge der Lenardschen Wirkung dagegen die negativen.

Ein isoliert aufgestellter elektrisierter Drahtkäfig sammelt die entgegengesetzt geladenen Teilchen um sich, die zum Teil durch die Maschen dringen und einen im Innern aufgestellten Körper entladen, wenn seine Elektrisierung der des Käfigs gleichnamig ist. —

Die Beobachtungen im Gebirge sind auf dem Brocken und an verschiedenen Orten der Schweiz, insbesondere auf dem Säntisobservatorium angestellt.

Wolfenbüttel, im August 1899.

(Eingegangen 19. Aug. 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Amsterdam (Direktor J. D. van der Waals).

No. 1. N. J. van der Lee, Der Einfluss von Druck auf die kritische Mischungstemperatur
(mitgeteilt von **P. Zeemann**).

Veranlasst wurde die im Titel genannte Untersuchung durch die Theorie der ψ-Fläche von van der Waals (Archiv. Néerl. T. 24 u. Zeitschr. phys. Chem. Bd. 5).

Die Eigenschaften eines Gemenges zweier Stoffe werden von van der Waals dargestellt mit Hilfe einer isothermen Oberfläche, wobei die freie Energie ψ als Funktion der Zusammensetzung x ($o < x < 1$) und des Volumens V dargestellt wird.

Die Fläche zeigt Vertiefungen, Falten.

Das Vorhandensein einer Falte gestattet nun eine Doppelberührungsebene an die Fläche zu legen. Den beiden Berührungspunkten entsprechen coexistierende Phasen. Lassen wir auf der Falte die Berührungsebene abrollen, so entsteht die sogenannte konodale Linie. Wenn die Endpunkte der Falte auf der Fläche sich befinden, nähern sich die coexistierenden Phasen und fallen schliesslich im Faltenpunkt zusammen. Die Neigung der tangierenden Ebene bestimmt den Druck $p = -\frac{d\psi}{dv}$. Es können bei einer Mischung zweier Substanzen zwei Falten vorhanden sein, deren jede eine konodale Linie besitzt. Die allgemeine Richtung der einen Falte ist dann der x-Achse parallel, sie bezieht sich auf coexistierende flüssige und gasförmige Zustände (Querfalte). Dagegen ist die allgemeine Richtung der zweiten Falte der V-Achse parallell (Hauptfalte). Es coexistieren dann zwei Flüssigkeiten von verschiedener Zusammensetzung.

Die Mehrzahl nun der Untersuchungen, wozu die Theorie der ψ-Fläche Veranlassung gab (diejenigen von Kuenen u. a.), beziehen sich namentlich auf Erscheinungen, die mit dem Vorhandensein der Querfalte zusammenhängen.

Bei vielen Flüssigkeitspaaren ist die gegenseitige Löslichkeit keine unbeschränkte, und dies ist der Grund, weshalb man auf der ψ-Fläche eine Längsfalte annehmen muss. Speciell mit Rücksicht auf den Verlauf dieser Falte wurden Beobachtungen mit Phenol und Wasser gemacht. Bestimmte Mengen Phenol und Wasser wurden in eine Cailletet-Röhre gebracht und durcheinander gerührt zu einer undurchsichtigen Emulsion. Durch Erhöhung der Temperatur kann man die Trübung (Beweis der Anwesenheit zweier Phasen) gerade zum Verschwinden bringen. Erhöht man nun den Druck, so kommt die Trübung wieder zum Vorschein; die Mischungstemperatur steigt durch Druck.

Folgende Resultate wurden erhalten:

C_6H_5OH 49% $x = 0.16$.

Druck:	1	30	60	90	120	150	180
Mischungstemperatur:	65.0	65.0	65.1	65.2	65.3	65.5	65.6 Atm.

Es ist der Prozentgehalt an Phenol angegeben. Weiter sind mit M_1 $(1-x)$ und $M_2 x$ die Mengen Wasser und Phenol in Kilogrammen bezeichnet, wo M_1 und M_2 zwei Zahlen, welche den Molekülargewichten proportional sind.

Die angeführten und weitere Beobachtungen, mit anderen Mengenverhältnissen, weisen nun darauf hin, dass die Längsfalte einen Faltenpunkt an der Seite der grösseren Volumina zeigen muss und dass deren konkave Seite der x-Achse zugewendet ist (vg. Korteweg, Archiv. Néerl. T. 24). Eine nähere Betrachtung der Änderungen, welche Quer- und Längsfalte mit Druck und Temperatur erfahren, beweist, dass es kritische Mischungstemperaturen geben muss. Beim untersuchten Körperpaar steigt diese durch Druckerhöhung.

Bei einer bestimmten Temperatur werden die konodalen Linien der Längsfalte und der Querfalte einander berühren in einem Punkte, der auch Faltenpunkt der Längsfalte sein muss. Die Spinodalkurve der Längsfalte wird dann auch die konodale Linie der Querfalte berühren. Hieraus ergiebt sich (Zeitschr. phys. Chem. l. c. p. 143), dass auch $\frac{dp}{dx} = O$ sein muss. Es weist dies hin auf ein Maximum oder Minimum in der Kurve $p = f_1(x)$, welche die Spannung des gesättigten Dampfes als Funktion der Zusammensetzung angiebt.

Beobachtungen nach einer von Lehfeldt (Phil. Mag. July '98) angegebenen Methode bestätigen dieses Resultat.

Für weitere Details, sowie auch für den Zusammenhang der Arbeit mit den Untersuchungen von Alexejew, Schreinemakers, Rothmund u. a. muss auf die ausführlichere Arbeit, welche bis jetzt nur als Dissertation erschien, verwiesen werden.

(Eingangen 19. Aug. 1899.)

Beobachtungen über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Von Adolf Heydweiller.

Vor kurzem hat Herr W. Kaufmann[1]) einen Demonstrationsversuch über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen beschrieben. Dies veranlasste mich zu der Probe, ob sich derselbe Zweck nicht mit einfachen im Institut vorhandenen Mitteln ausführen liesse, was in der That in der folgenden Weise gelang. Benutzt wurden Röntgenröhren von Reiniger, Gebbert und Schall mit sogenannter Antikathode von der bekannten nebenstehenden Form (Fig. 1), und ein beliebiges Induktorium, das noch im stande ist, eine schwache Entladung durch die Röhre zu senden.

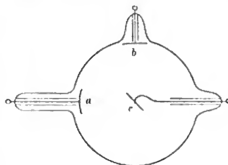


Fig. 1.

Gewöhnlich wird die Röhre in der Weise zur Erzeugung von Röntgenstrahlen benutzt, dass Elektrode a Kathode, b Anode und die Antikathode c mit b leitend verbunden ist. Bei meinen Versuchen war b Kathode, a Anode und c zunächst isoliert. Es wird dann auf der b gegenüberliegenden Glaswand ein ziemlich scharf begrenzter Schatten von c erzeugt, dessen Lage und Grösse derart ist, als wenn die Kathodenstrahlen von der Mitte von b ausgingen.

Macht man nun die Entladungen (ev. durch Einschalten von Widerstand in den primären Stromkreis des Induktoriums) möglichst schwach, so dass die grüne Phosphorescenz der Glaswand nur im gut verdunkelten Raume sichtbar ist, so bewirkt die Annäherung eines geriebenen Ebonitstabes eine augenblickliche, bald wieder verschwindende beträchtliche Vergrösserung des Schattens, die eines geriebenen Glasstabes eine merkliche Zusammenziehung. Unter günstigen Bedingungen habe ich die Schatten bis auf die doppelten bezw. halben Dimensionen verändern können.

Der Versuch lässt sich beliebig oft wiederholen, erfordert aber öfter wiederholtes Reiben des Stabes, dessen Elektrisierung in der Nähe von c schnell verschwindet.

Statt dieser bald vergehenden Änderungen des Schattens erzielt man eine dauernde Verbreiterung auf sehr einfache Weise, indem man c durch Berühren mit der Hand oder auf andere Art zur Erde ableitet; diese Verbreiterung geschieht jedesmal plötzlich, fast ruckweise, ebenso wie die Verengerung beim Aufheben der Ab-

1) W. Kaufmann, Verh. d. deutsch. physikal. Ges. 1, p. 88, 1899.

Leitung, und zeigt, dass durch die Ableitung die Antikathode *c* sich negativ ladet, jedenfalls infolge von Influenzwirkung. Ein während der Entladung mit der Zuleitung von *c* oder irgend einem Punkte der äusseren Glaswand des Entladungsgefasses in Berührung gebrachtes Elektroskop nimmt eine starke positive Ladung an. — Ist die metallische Zuleitung von *c* auf eine längere Strecke frei von dem umgebenden Glasrohr, wie in der Figur 1, so verbreitert sich der Schatten dieser Stelle viel stärker als der des anschliessenden Glasrohrs, und man erhält bei der Verbreiterung zugleich die durch Figur 2 *a* und *b* angedeutete starke Formänderung des Schattens.

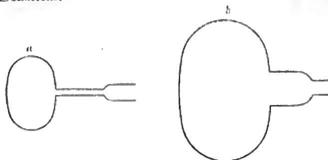


Fig. 2.

Während die durch geriebenes Glas oder Ebonit zu erzeugenden Grössenänderungen des Schattens nur bei ganz schwachen Entladungen erheblich sind und mit Verstarkung derselben schnell schwächer und unmerklich werden, lässt sich die Verbreiterung durch Ableitung der Antikathode auch bei stärkeren Entladungen im mässig verdunkelten Raume zeigen.

Erwähnen will ich noch, dass schwaches Phosphorescieren der Glaswand beim Annähern eines negativ elektrisierten Körpers an die Antikathode einen Augenblick lang ganz aufhört, dann erscheint erst der vergrösserte Schatten, der sich mehr oder weniger schnell auf die ursprüngliche Grösse zusammenzieht. Auch Auflegen der Hand auf das Entladungsgefass bringt eine schwächere Phosphorescenz zum Verschwinden und schwächt eine stärkere.

Breslau, den 18. August 1899.

(Eingegangen 19. Aug. 1899.)

Über Radium und Polonium.[1])

Von F. Giesel.

Die Arbeiten des Herrn und der Frau Curie haben gezeigt, dass sich aus Uran-Pecherz zwei äusserst radioaktive Substanzen gewinnen lassen. Dieselben unterscheiden sich chemisch dadurch, dass die eine Substanz beim Wismuth gefunden wurde, also ein Schwermetall ist, die andere aber in Gesellschaft mit Baryum auftritt und alle Reaktionen des Baryums giebt. Obgleich bis jetzt eine Reindarstellung nicht gelungen ist, glauben die französischen Forscher doch zwei neue Elemente, das Polonium und das Radium, annehmen zu müssen.

Ich habe bald nach der ersten Veröffentlichung von P. und S. Curie über Polonium Versuche angestellt, aus Produkten der Uransalzfabrikation den radioaktiven Körper zu gewinnen, was sehr aussichtsvoll schien, da bereits diese Rohprodukte die Ladung des Elektroskops zerstreuten, obgleich nicht Pechblende, sondern abweichende Erze das Ausgangsmaterial bildeten. Es gelang mir auch bald, eine geringe Menge einer Substanz zu gewinnen, die bereits den Baryumplatincyanür-Schirm zum Leuchten brachte, aber mit den Reaktionen des Poloniums nicht übereinstimmte, vielmehr wesentlich aus schwefelsaurem Baryt bestand. Zu gleicher Zeit erschien nun die zweite Abhandlung von P. und S. Curie über Radium, welche nun auch in der Pechblende denselben zweiten radio aktiven Körper aufgefunden hatten.

Poloniumhaltige Niederschläge habe ich später ebenfalls, besonders als grosse Erzquantitäten von der chemischen Fabrik de Häen in Hannover in dieser Richtung verarbeitet wurden, jedoch in weit geringerer Menge als Radium vorgefunden. Von letzterem Material erhielt ich aber auf diese Weise so viel (fast 1 kg), dass eine weitgehende Anreicherung durch Krystallisation möglich war. So konnte ich ein überaus wirksames Chlorid und Bromid herstellen; doch erwies sich dasselbe chemisch immer noch als Baryum.

Physikalisch unterscheidet es sich vom gewöhnlichen Baryum zunächst durch die sehr starke Becquerelstrahlung, die so bedeutend ist, dass z. B. das Schattenbild der Hand auf dem Schirm noch zu erkennen ist, wenn sich die Substanz 40—50 cm von demselben entfernt befindet. Auch alle anderen Stoffe, die in Röntgenstrahlen phosphorescieren, werden erregt. Dann zeigen die aktiven Salze Phosphorescenz in den eigenen Strahlen, die besonders stark bei den entwässerten Salzen hervortritt. Ein entwässertes aktives Baryumbromid leuchtet in der ganzen Masse ununterbrochen ohne vorherige Belichtung so stark in bläulichem Lichte, dass man dabei lesen kann. Diese Phosphorescenz ermüdet beim Erhitzen.

Wie zu erwarten stand, leuchtet auch ein aus aktivem Barytsalz dargestelltes Baryumplati-, cyanür. Die anfangs grunen Krystalle werden

1) Die ausführliche Mitteilung erscheint in Wied. Ann.

wahrscheinlich durch die Einwirkung der eigenen Strahlen, nach 1—2 Tagen gelb, dann orange und schliesslich nach weiterer Zeit braun. Aus Wasser erneut krystallisiert, wird das braune Salz, welches noch den blauen Flächenschimmer aufweist, wieder zum ursprünglichen grünen regeneriert. Die anfangs stärkere Phosphorescenz wird mit zunehmender Verfärbung schwächer, dagegen die Becquerelstrahlung stärker.

Eine sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeit habe ich überhaupt bei den wasserlöslichen radiumhaltigen Barytsalzen gefunden. Frisch krystallisiert sind dieselben noch wenig aktiv. Die Wirksamkeit nimmt aber im Laufe einiger Tage bis Wochen zu, bis ein Maximum erreicht ist, um dann konstant zu bleiben. Umgekehrt giebt die frische Lösung in Wasser zunächst fast dieselbe Wirkung wie das feste Salz, aber schon nach 1—2 Tagen ist dieselbe so gut wie vollständig verschwunden. Das aus dieser Lösung wieder auskrystallisierte Salz erlangt allmählich wieder seine ursprüngliche Wirksamkeit.

Das Baryumchlorid, welches anfangs weiss ist, bekommt mit zunehmender Aktivität einen Stich ins Gelbliche. —

Das geringere zur Verfügung stehende Poloniummaterial gab leider nur sehr wenig einer Schwefelwasserstofffällung, die sich aber bereits in einem solchen Zustande der Reinheit befand, dass dieselbe an Wirksamkeit dem besten Radiumpräparat mindestens gleichkommt. Es ist zu hoffen, dass hier zuerst eine Isolierung des fraglichen Metalls erreicht werden wird.

Auffallend ist der Unterschied im Durchdringungsvermögen der von den beiden Stoffen ausgesandten Strahlen. Während die Radiumstrahlen noch bequem 1—2 cm dicke Metallplatten durchdringen, werden die Poloniumstrahlen schon durch Karton stark geschwächt und durch Metallplatten von 1—2 mm vollständig zurückgehalten.

Aus der Schwefelverbindung erhielt ich das Chlorid, dessen Lösung gelblich, etwa wie Platinchlorid, gefärbt war, und durch Elektrolyse hieraus das Metall als grauschwarzes Pulver, welches unter Druck Metallglanz annimmt. Alle diese Körper (auch die Lösung des Chlorides) sind annähernd gleich wirksam. Es scheint aber, dass die Schwefelverbindung mit der Zeit die Wirksamkeit verliert. Zwei ältere kleine Proben derselben sind nach Monaten vollkommen wirkungslos geworden.

(Eingegangen 24. Aug. 1899.)

Über die Beeinflussung der Diffusionsgeschwindigkeit von Elektrolyten durch gleichionige Zusätze.

Von R. Abegg und E. Bose.

Es ist bekannt, und folgt aus der Nernstschen Theorie[1]) der Konzentrationsketten, dass die Potentialdifferenz zwischen zwei Lösungen verschiedener Konzentration eines Elektrolyten mehr oder weniger vollständig verschwindet, wenn ein anderes Elektrolyt mit einem auch im ersteren vorhandenen Ion in **überall gleicher** Konzentration hinzugesetzt wird. Da ferner nach der Nernstschen Theorie der Diffusion[2]) von Elektrolyten diese Potentialdifferenz dazu dient, die Geschwindigkeit des beweglicheren Ions zu hemmen, die des langsameren zu vergrössern, d. h. ihre Geschwindigkeitsunterschiede zu beseitigen, so muss ein Verschwinden der Potentialdifferenz offenbar zur Folge haben, dass beide Ionen des verschieden konzentrierten Elektrolyten sich mit ihrer natürlichen (der elektrischen Wanderungsgeschwindigkeit proportionalen) Beweglichkeit durch Diffusion verschieben.

Diese Folgerung ist für unendlich grossen gleichionigen Zusatz einleuchtend richtig; denn wenn z. B. in unendlich konzentrierter KCl-Lösung eine sehr kleine Menge HCl diffundiert, so genügt eine unendlich geringe Verschiebung der vielen Cl'-Ionen in Richtung des Diffusionsgefälles, um den beweglicheren, also schneller diffundierenden $H^{\cdot}$-Ionen die äquivalente Quantität Cl' nachzufördern, soweit dies durch die osmotischen Kräfte nicht schon von selbst geschieht. Die Diffusion der HCl in überschüssigen Cl'-Ionen erfolgt also nahezu oder völlig entsprechend der Beweglichkeit des $H^{\cdot}$-Ions. Ganz analog wirkt ein Überschuss einer Säure auf geringe Mengen einer anderen diffundierenden Säure: Sind überall bereits sehr viele $H^{\cdot}$-Ionen vorhanden, so wird eine unendlich kleine, auf die Vorwärtsbewegung dieser $H^{\cdot}$-Ionen hemmend wirkende Potentialdifferenz die Äquivalenz derselben mit den langsameren Anionen der Säure aufrecht erhalten können, und somit die Bewegung der Anionen entsprechend wenig über ihre natürliche Beweglichkeit beschleunigt werden.

Dass thatsächlich eine Säure in ihrem Salz beschleunigt diffundiert, zeigt folgender leicht zu wiederholende Doppelversuch. Es wird in zwei langen Rohren sehr verdünnte HCl 1) unter phenolphtaleinhaltiges, durch eine geringste Spur Alkali gerötetes Wasser, 2) mit KCl gesättigt, unter phenolphtaleinhaltige, mit einer Spur Alkali gerötete starke KCl-Lösung geschichtet, und das Vorrücken der Grenze farblos-rot beobachtet, welche das Fortschreiten der

1) Nernst, Ztschr. physik. Chem. 4, 154. 1889.
2) Nernst, ibid. 2, 621. 1888.

H'-Ionen, d. h. der diffundierenden HCl bezeichnet. Dasselbe erfolgt in der KCl-Lösung so viel schneller, dass der Unterschied schon nach wenigen Stunden sehr auffällig ist.

Umgekehrt wirkt Säurezusatz auf die Diffusion einer anderen Säure stark hemmend, wie analog dem vorigen folgender Doppelversuch beweist: Verdünnte Chromsäure $H_2Cr_2O_7$ schichtet man 1) unter Wasser, 2) mit H_2SO_4 versetzt unter wässerige starke Schwefelsäure; das Fortschreiten der gelben Farbe zeigt die Bewegung der Cr_2O_7''-Ionen an, und dies geht im reinen Wasser sehr erheblich schneller als in der Säure.

Ganz analog, und in gleicher Weise zu erklären, ist eine erhebliche Diffusionsbeschleunigung, die Basen z. B. KOH, durch ihre Salze z. B. KCl, gegenüber reinem Wasser erfahren, was sich ebenfalls mit Hilfe eines Indikators leicht experimentell bestätigen lässt.

Bemerkenswert erscheint die Folgerung, dass in unendlich konzentrierten Lösungen ihrer Neutralsalze einerseits alle Säuren, andererseits alle Basen ceteris paribus mit derselben Geschwindigkeit diffundieren, also alle individuellen Beweglichkeitsunterschiede aufhören müssen, da ihre Beweglichkeit dann die der H'-, resp. OH'-Ionen wird.

Die vergrösserte Geschwindigkeit dieser Säure- resp. Alkalidiffusion hat Bein[1]) gelegentlich seiner Überführungsversuche bei der Elektrolyse von Alkalisalzen zwischen unangreifbaren Elektroden bereits wahrgenommen, so dass auch seine Beobachtungen zur Bestätigung obiger Überlegungen dienen können.

Bezüglich des Verlaufes solcher Diffusionen mit elektrolytischem Zusatz ist noch eine Bemerkung von Interesse: Ist der gleichmässig verteilte gleichionige Zusatz nicht in sehr grossem Überschuss im Verhältnis zu dem Diffusionskörper vorhanden, so wird die Potentialdifferenz zwischen den verschiedenen Konzentrationen des diffundierenden Elektrolyten einen endlichen Betrag besitzen: diese Potentialdifferenz wirkt nun in dem Sinne, dass sie das schnellere Ion des Diffusionskörpers gegen das Diffusionsgefälle treibt, aber auch gleichzeitig das entsprechende Ion des gleichmässig konzentrierten Zusatzes im selben Sinne fortbewegt; so müssen z. B. im Falle der in KCl-Lösung diffundierenden HCl die anfangs gleichmässig konzentrierten K'-Ionen beim Beginn der HCl-Diffusion nur infolge des elektrischen Potentials den H'-Ionen entgegengesetzt diffundieren, um erst später durch die so geweckten osmotischen Kräfte wieder auf gleiche Konzentration zurückgeführt zu werden.

Die Diffusion der K'-Ionen ist also hier kein aperiodischer Vorgang, sondern eine einmalige Oscillation.

Die Entwickelung der Gleichungen, welche den Einfluss eines gleichionigen Zusatzes auf die elektromotorische Kraft von Konzentrationsketten, und auf die Diffusionsgeschwindigkeit ausdrücken, soll an anderem Orte[1]) erfolgen. Als Resultat der Rechnungen sei nur folgendes mitgeteilt: Das Diffusionssystem enthalte an einem bestimmten Punkte des Diffusionsgefalles von dem diffundierenden Elektrolyten die (variable) Konzentration c, von dem gleichionigen gleichmässig verteilten Zusatz die Konzentration γ, und es sei die Beweglichkeit v die des gemeinsamen Ions, u diejenige des anderen Ions im Diffusionskörper, u' diejenige des anderen Ions im Zusatz, so ist das Verhältnis der diffundierenden Ionenmengen S von der Beweglichkeit u mit und ohne Zusatz (γ resp. o)

$$S_\gamma : S_0 = \frac{2v + (u' + v)\gamma/c}{u + v + (u' + v)\gamma/c} : \frac{2v}{u + v},$$

was $S_\gamma : S_o = 1$ für $\gamma = o$, für $\gamma = \infty$ dagegen

$$S_\gamma : S_o = \frac{u + v}{2v}$$ ergiebt.

Breslau, August 1899.

(Eingegangen 27. Aug. 1899.)

1) Bein, Ztschr. physik. Chem. 27, 3. 1898.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor A. Battelli.)

No. 1. A. Battelli und L. Magri. Über die Anoden- und Kathodenstrahlen.

In einer vom einen von uns im Nuovo Cimento[2]) veröffentlichten Mitteilung über die unipolaren elektrischen Ausströmungen war geschlossen worden, dass man in den Entladungsröhren zwei Arten von Strahlen unterscheiden muss: Anodenstrahlen und Kathodenstrahlen. Später von uns angestellte Versuche geben interessante Aufschlüsse und führen zu einer genaueren Kenntnis des Phänomens.

Wir suchten die Natur und die Stärke der Wirkung der einen und der anderen Strahlen in solcher Weise zu vergleichen, dass sich daraus irgendwie strengere Schlüsse über das Verhalten der Strahlen ziehen lassen möchten.

In allen folgenden Versuchen überstieg der Druck in den Röhren niemals ein halb Millimeter Quecksilber.

Wirkung eines magnetischen Feldes: Das magnetische Feld schied das Effluvium in zwei

1) Ztschr. physik. Chem.
2) Nuov. Cim. (4) 7, S. 81.

Teile. Der eine, welcher die Fluorescenz des Glases erregt, wird in derselben Weise abgelenkt, wie die gewöhnlichen Kathodenstrahlen. Der andere, die Aureole, erleidet eine verwickeltere Veränderung, er zieht sich unter dem Einflusse des magnetischen Feldes zunächst zu einem engen Bündel zusammen, und dieses wird dann auf einer gewissen Strecke vor dem Magneten abgelenkt.

Oxydierende und reduzierende Wirkungen: Die bei diesen Versuchen benutzten Röhren hatten die Gestalt von Fig. 1, in der *D* ein Kupferscheibchen ist, *OO* sind zwei kleine Arme aus Glas. Verbindet man die Elektrode *E* mit dem positiven oder negativen Pole der Elektrisiermaschine, so hat man bei nicht zu hohen Verdünnungen eine recht starke oxydierende Wirkung, und der Schatten der gläsernen Hindernisse *OO* erscheint weniger oxydiert und mit unscharfer Begrenzung. Dieser Schatten lässt sich nur bei kleinem Abstande von *D* und *O*

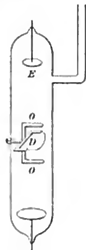


Fig. 1.



Fig. 2.

beobachten. Steigert man die Verdünnung, so wird der Schatten schärfer, die oxydierende Wirkung nimmt ab. Bei sehr hoch getriebener Verdünnung hat das Rohr fast das Aussehen, als ob es bipolar erregt und die Scheibe *E* Kathode wäre. In diesem Falle haben wir noch eine ganz schwache oxydierende Wirkung, und die Oxydation ist grösser im Schatten als an den übrigen Stellen der Scheibe.

So warf sogar ein vor der Elektrode *E* Fig. 2 angebrachtes Hindernis auf die Elektrode einen Schatten.

Diese Versuche und diejenigen über die magnetische Ablenkung zeigen deutlich, dass in den unipolaren Effluvien zwei Arten von Strahlen existieren, die Kathodenstrahlen, die negativ geladen sind und denselben Anblick wie die gewöhnlichen Kathodenstrahlen bieten, die Rohrwand zur Fluorescens erregen und reduzierende Wirkung besitzen; und die Anodenstrahlen, welche positiv geladen sind und oxydierend wirken.

Von den unipolaren Effluvien mitgeführte elektrische Ladungen: Zum besseren Studium der Natur der von den unipolaren Ausströmungen mitgeführten elektrischen Ladungen haben wir uns eines Glasrohres *T* (Fig. 3) bedient, an dessen einem Ende die Elektrode *E* eingeschmolzen war. An das andere Ende

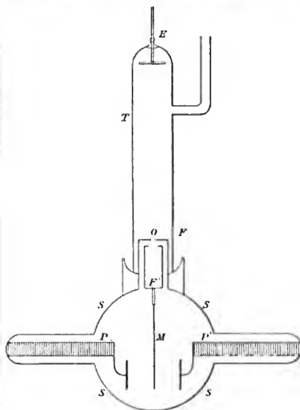


Fig. 3.

setzte sich eine Messingkugel *SS* an. Sie trägt einen ebenfalls messingenen Cylinder *F*, der oben durch eine Scheibe geschlossen wird, in deren Mitte ein Loch *O* angebracht ist. Im Innern dieses Cylinders befindet sich koaxial mit ihm der kleine Faradaysche Cylinder *F'* und ist Träger des Aluminiumblattes *M*. Das Aluminiumblatt hängt zwischen den beiden Polen einer zambonischen Säule *PP'* herab. Es bildet ein empfindliches Elektroskop, das vollständig geschützt vor irgendwelchen äusseren elektrostatischen Einflüssen ist.

Wenn die Elektrode *E* mit dem einen oder anderen Pole der Maschine verbunden wird und das Loch *O* offen ist, so zeigt bei genügend hohem Vakuum das Blatt *M* bald eine positive,

bald eine negative Ladung an, je nachdem positives oder negatives Effluvium durch das Loch eindringt.

Schliessen wir das Loch O mit einer sehr dünnen Aluminiumfolie, die sorgsam lochfrei ausgesucht ist, so bekommen wir immer eine negative Ladung, mag die Elektrode E mit dem positiven oder mit dem negativen Pole der Elektrisiermaschine verbunden sein. Dies bei hoher Verdünnung; bei geringeren Verdünnungsgraden erhielten wird keine Ladung.

Setzt man statt der Elektrode E vielmehr die Kugel S mit der Maschine in Verbindung, so zeigt bei offenem Loche O und hoher Verdünnung das Blättchen M in jedem Falle elektrische Ladung an von vorwiegend positivem Vorzeichen, nach Verschluss der Öffnung O mit Aluminiumfolie hat man keine Ladung. Mit Ablenkung der Strahlen durch einen starken Elektromagneten verschwindet jedes Ladungsanzeichen an dem Aluminiumblatte M.

Um zu verhindern, dass die an den Polen der Maschine stattfindenden Entladungen oscillatorisch verlaufen könnten, wurde die Maschine bei all diesen Versuchen mit einem Kondensator und einem Flüssigkeitswiderstande verbunden.

Mit bipolaren Entladungen, wobei E und die Kugel S Elektroden waren, trat bei freiem Loche O negative Ladung auf, sobald E Kathode, positive, sobald E Anode war.

Schliesst man die Öffnung O vollkommen mit Aluminiumfolie, so erhält man negative Ladung, solange E Kathode ist, keine Ladung, wenn es als Anode dient. Dies beweist, dass die Angaben des so gebildeten Elektroskops zuverlässig sind.

Elektrostatische Wirkungen auf die unipolaren Ausströmungen: In einem birnförmigen Rohre von sehr weit getriebener Verdünnung und mit dem üblichen Kreuze sieht man den Schatten dieses Kreuzes schön scharf, wenn die Kathode mit einer kräftigen Elektrisiermaschine verbunden wird. Welches Vorzeichen der an die Kathode angelegte Pol auch hat, sobald man dem Träger des Kreuzes den positiven Pol einer zweiten Elektrisiermaschine nähert (die Entfernung muss gross genug bleiben, dass keine Entladungen eintreten), so zieht sich der Schatten des Kreuzes zusammen, das heisst, die Fluorescenz erregenden Strahlen werden angezogen; wenn man umgekehrt den Pol berührt, so vergrössert sich der Schatten des Kreuzes oder die Strahlen werden abgestossen.

Benutzt man zur Ausübung der elektrostatischen Wirkung dieselbe Elektrisiermaschine, die das Rohr erregt (wie das in der oben citierten Mitteilung geschehen war), so wird der Schatten des Kreuzes angezogen oder abgestossen, je nachdem der elektrisierte Leiter mit demselben Pole wie das Rohr verbunden ist, oder mit dem anderen. Es tritt dies ein, da im Rohr und auf dem Leiter gleichzeitig dieselben Potentialschwankungen stattfinden.

Diese Experimente zeigen, dass man in einem Entladungsrohre zwei Arten von Strahlen hat, eine anodische und eine kathodische; die erste von den Teilen höheren Potentials, die zweite von den Teilen niedrigeren Potentials ausgehend. In gewöhnlichen Entladungsröhren sind alle Rohrteile, einschliesslich die Anode, positiv geladen gegenuber der Kathode; demgemäss geben sie Anodenstrahlen, und die Kathode giebt immer Kathodenstrahlen.

Hat man es dagegen mit unipolaren Entladungen zu thun, wo ein Wechsel des Potentials zwischen den Wänden und der Elektrode stattfindet, so gehen von der Elektrode abwechselnd Anoden- und Kathodenstrahlen aus. Dies zeigen klar die Untersuchungen über die Oxydation (die auch dort eintritt, wo Fluorescenz erregt wird), dies zeigen die Versuche über die elektrostatische Ladung und diejenigen über die magnetische Ablenkung.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Th. Des Coudres.)

(Eingegangen 27. Aug. 1899.)

Über die Masse der Träger der negativen Elektrisierung in Gasen von niederen Drucken.

Von J. J. Thomson.

In Philos. Mag. Nov. 1897 habe ich eine Bestimmung des Verhältnisses m/e mitgeteilt, wo m die Masse, e die Ladung des Trägers der Strömung negativer Elektrisierung ist, welche die Kathodenstrahlen bilden. Die Ergebnisse der in dieser Mitteilung beschriebenen Versuche, welche sich in vollkommener Übereinstimmung mit den später von Lenard und Kaufmann gefundenen Resultaten befinden, zeigen, dass der Wert jenes Verhältnisses sehr viel kleiner ist, als der Wert der entsprechenden Grösse bei der Elektrolyse von Flüssigkeiten, und legen die Vermutung nahe, dass auch die Masse des Trägers der negativen Elektricität in verdünnten Gasen sehr viel kleiner ist, als die Masse eines Ions bei der gewöhnlichen Elektrolyse. Da wir indessen in diesem Falle nicht den Wert einer der beiden Grössen m oder e gesondert bestimmen, sondern nur ihr Verhältnis m/e, so kann man einwerfen, dass die Kleinheit dieses Verhaltnisses ebensogut der Ladung des Trägers in dem verdünnten Gase zugeschrieben werden kann, die viel grösser sei als die des elektrolytischen Ions, ohne dass die Masse kleiner zu sein braucht.

Ich habe mich kürzlich mit einigen Versuchen über die Strömung negativer Elektrisierung bei sehr niederen Drucken beschäftigt, welche auftritt, wenn ultraviolettes Licht auf eine negativ geladene Metallplatte fällt. In diesem Falle können wir ebensogut den Wert von e wie von m/e bestimmen. Diese Versuche haben zu dem Resultat geführt, dass der Wert von m/e für die durch ultraviolette Bestrahlung hervorgerufene Entladung derselbe ist, wie für die Kathodenstrahlen, während die Untersuchung von e zeigt, dass die Ladung dieselbe ist wie die, welche durch ein Wasserstoffion bei der gewöhnlichen Elektrolyse übergeführt wird, so dass für diesen Fall der klare Beweis erbracht ist, dass die Masse des Trägers im Verhältnis zu der eines Wasserstoffions sehr klein ist. Bei der Überführung negativer Elektrisierung bei niederen Drucken sind also Träger vorhanden, deren Masse sehr viel kleiner ist als die eines Wasserstoffions, der kleinsten Masse, die man bisher erforscht hatte. Das Vorhandensein von negativer Elektrisierung hat in diesem Falle eine Spaltung des Atoms zur Voraussetzung, da wir ja einen wenn auch nur kleinen Bruchteil der Gesamtmasse weggenommen haben.

Ich habe den Wert von m/e auch bei einer anderen Art von negativer Elektrisierung bei niederem Drucke bestimmt, nämlich für den Fall eines negativ geladenen Glühlampenkohlenfadens in einer Wasserstoffatmosphäre. Ich finde ihn auch in diesem Falle eben so gross wie bei den Kathodenstrahlen und wie bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte.

Die angewandte Methode, den Wert von m/e zu bestimmen, stützte sich auf die Wirkung, welche ein magnetisches Feld auf die Zerstreuungsgeschwindigkeit negativer Elektrisierung ausübt. Elster und Geitel haben gezeigt, dass für die Fälle des ultravioletten Lichtes und des Glühlampenkohlenfadens diese Geschwindigkeit durch das magnetische Feld vermindert wird. Wir wollen dieses Verhalten von dem Gesichtspunkte aus betrachten, dass die Elektrisierung durch Teilchen wegbefördert wird, die mit negativer Elektricität versehen sind. Es lässt sich leicht beweisen, dass die Bahn eines solchen Teilchens, welches von der Ebene $x=0$ ausgeht und sich in einem gleichförmigen, der x-Achse parallelen elektrischen Felde von der Intensität X bewegt, während gleichzeitig eine gleichförmige, zur z-Achse parallele magnetische Kraft H auf dasselbe wirkt, eine Cykloide in der xy-Ebene sein wird. Der Durchmesser des die Cykloide erzeugenden Kreises ist $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$, die Linie, auf der derselbe rollt, ist $x=0$, $z=$ const. Bei dieser Ableitung ist angenommen, dass der Druck so niedrig ist, dass die mittlere freie Weglänge der Teilchen gross ist im Vergleich zu der von ihnen während der Beobachtung zurückgelegten Entfernung.

Nehmen wir jetzt an, wir hätten eine dem ultravioletten Lichte ausgesetzte Metallplatte AB, und zwischen ihr und einer zweiten Platte CD bestände eine elektrische Potentialdifferenz. CD habe das höhere Potential und sei so durchbohrt, dass das Licht durch sie hindurchwirken kann. Wenn CD im Vergleich zu AB gross ist, und kein magnetisches Feld wirksam ist, so werden sich alle negativen Teilchen, welche von AB ausgehen, längs der elektrischen Kraftlinien fortbewegen und nach CD gelangen. Wir wollen jetzt annehmen, dass ein magnetisches Feld rechtwinklig zu den Linien der elektrischen Kraft erzeugt werde. Dann werden jetzt die elektrisierten Teilchen Cykloide beschreiben; sie werden eine Entfernung von $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ von der Ausgangsplatte erreichen, in dieser Entfernung umkehren und sich der Platte wieder nähern. Ist also die Entfernung zwischen den Platten CD und AB kleiner wie $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$, so wird jedes Teilchen, welches AB verlässt, auch CD erreichen, vorausgesetzt, dass CD weit genug überragt, um zu verhindern, dass Teilchen an einer Seite vorbeikommen können. In diesem Falle wird das magnetische Feld die Zerstreuungsgeschwindigkeit nicht vermindern. Wenn andererseits die Entfernung zwischen den Platten grösser wie $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ ist, wird ein von AB ausgehendes Teilchen zurückkehren, ehe es auf CD gelangte, wird CD also niemals erreichen. In diesem Falle wird die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch das magnetische Feld vermindert. Wenn somit diese Betrachtungsweise der Wirkung des magnetischen Feldes richtig ist, würden wir beim schrittweisen Vergrössern der Entfernung zwischen den Platten folgende Erscheinungen beobachten: Wenn die Platten einander berühren, wird die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch das magnetische Feld nicht berührt; wenn die Entfernung zwischen ihnen gleich $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ ist, fängt das magnetische Feld an, die Zerstreuungsgeschwindigkeit zu vermindern. Messen wir daher die Entfernung zwischen den Platten, bei der das magnetische Feld zu wirken beginnt, und kennen wir die Werte von X und H, so können wir den Wert von m/e bestimmen. Die Ergebnisse derartig angestellter Versuche ergaben für ultraviolettes Licht $e/m = 7 \,.\, 10^6$ abgerundet, für den Glühlampenkohlenfaden in Wasserstoff $e/m = 8 \,.\, 10^6$ abgerundet. Diese Zahlen sind von derselben Grössenordnung wie der Wert $5 \,.\, 10^6$, den ich durch meine früheren Messungen für die Kathodenstrahlen gefunden habe. Der Druck war bei diesen Versuchen 0,01 *mm* Quecksilber.

Die Ladung des Ions in dem Falle einer durch ultraviolettes Licht hervorgerufenen negativen Elektrisierung bestimmte ich nach der

Methode, die ich auch zur Bestimmung der Ladung auf den Ionen angewendet habe, welche durch Röntgenstrahlen gebildet werden. (Phil. Mag. Dec. 1898.) Der Wert von e im Falle des ultravioletten Lichtes war ungefähr $7 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten; das ist praktisch dieselbe Ladung wie auf den durch Röntgenstrahlen erzeugten Ionen. Da Herr Townsend gezeigt hat, dass die Ladung eines durch Röntgenstrahlen erzeugten Ions dem Betrage nach dieselbe ist, wie die Ladung des Wasserstoffions bei der Elektrolyse, so folgt, dass die Differenz zwischen $7 \cdot 10^6$ (dem Werte von e/m für negative Elektrisierung in verdünnten Gasen) und 10^4 (dem Werte dieser Grösse bei gewöhnlicher Elektrolyse) der Differenz in dem Werte von m und nicht in dem von e zugeschrieben werden muss. Oder mit anderen Worten: Die Masse des Trägers der negativen Elektrisierung in hochverdünnten Gasen ist nur etwa $1/700$ der Masse des Wasserstoffions.

Nur die negative Elektrisierung ist mit diesen sehr kleinen Massen verbunden. Für positive Elektrisierung bei den Kanalstrahlen hat W. Wien gezeigt, dass e/m von derselben Grössenordnung ist, wie bei der gewöhnlichen Elektrolyse. Im anderen Falle, wenn wir positive Ionen in einem Gase bei niederem Druck haben, z. B. einen Platinglühlampendraht in Luft oder Sauerstoff, muss die Masse der Träger sehr viel grösser sein, als die der Träger negativer Elektrisierung. Denn Elster und Geitel haben gezeigt, dass dann, wenn die Elektrisierung durch positiv geladene Teilchen befördert wurde, die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch magnetische Felder nicht vermindert wurde, obschon dieselben Felder grosse Verminderungen bewirkten, wenn die Elektrisierung durch negativ geladene Träger fortgetragen wurde. Einige vorläufige Versuche mit sehr starken magnetischen Feldern, welche ich kürzlich begonnen habe, zeigen, dass die Masse der positiv geladenen Träger in diesem Falle zum mindesten von der Grössenordnung des gewöhnlichen Atoms ist.

Diese und andere Ergebnisse legen die Annahme nahe, dass die Ionisierung eines Gases in der Ablösung eines „Korpuskels" von dem Atom besteht: Dieses Korpuskel ist das negativ geladene Ion, dessen Masse und Ladung oben gefunden sind. Das Korpuskel befördert die negative Ladung, während der zurückgebliebene Teil des Atoms das positive Ion ist, welches die Einheit der positiven Ladung befördert und eine nahezu gleiche Masse hat wie das ursprüngliche Atom. Elektrisierung setzt unter diesem Gesichtspunkte ein Zersplittern des Atoms voraus; ein Teil der Masse des Atoms ist im stande frei zu werden und sich von dem ursprünglichen Atom abzusondern. Ein positiv elektrisiertes Atom ist von diesem Standpunkt aus ein solches, welches etwas von seiner „freien Masse" verloren hat, und diese „freie Masse" findet man in der entsprechenden negativen Ladung wieder. Änderungen der elektrischen Ladung eines Atoms werden durch Korpuskeln veranlasst, welche sich von dem Atom entfernen, wenn seine positive Ladung vergrössert wird, oder durch Korpuskeln, welche sich zu dem Atom hinbewegen, wenn seine negative Ladung vergrössert wird. Die Korpuskeln sind gleichsam die „Vehikel", durch die Elektricität von einem Atom zum anderen befördert wird. (Eingegangen 1. September 1899.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

VORTRÄGE ETC.

Über Ionenwanderung in Gasen.

Von W. Kaufmann.

(Probevortrag, gehalten vor der Göttinger philosophischen Fakultät am 12. August 1899.)

Hochverehrte Anwesende!

Im Laufe der letzten Jahre hat sich mehr und mehr die Anschauung Bahn gebrochen, dass es möglich sein müsse, die Erscheinungen der Elektricitätsleitung in Gasen in ganz ähnlicher Weise, wie dies für Flüssigkeiten schon längst geschehen ist, durch die Bewegung geladener Massenteilchen, sogenannter Ionen, zu erklären, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass die Ionen eines Gases durchaus identisch sein müssten mit den Ionen desselben Stoffes in einem flüssigen Elektrolyten.

Diese, in präciser Form wohl zuerst von W. Giese[1]) ausgesprochene und später von A. Schuster,[2]) S. Arrhenius,[3]) J. Elster und H. Geitel,[4]) A. Föppl[5]) u. a. weiter ausgeführte

1) W. Giese, Wied. Ann. 17, 1; 1882. ibid. 17, 236; 1882. ibid. 37, 576; 1889. ibid. 38, 403; 1889.

2) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 37, 317; 1884. ibid. 47, 526; 1890.

3) S. Arrhenius, Wied. Ann. 32, 565; 1887. ibid. 33, 638; 1888

4) J. Elster und H. Geitel, Wied. Ann. 37, 315; 1889; ibid. 38, 27; 1889.

5) A. Föppl, Wied. Ann. 34, 222; 1888.

theoretische Anschauung hat neuerdings eine weitgehende Bestätigung erfahren durch die quantitative Untersuchung derjenigen Erscheinungen, welche auftreten, wenn Gase durch Bestrahlung mit Röntgen-, Uran- oder ultraviolette Strahlen leitend gemacht werden. Diese Art der Leitung hat für die Untersuchung vor derjenigen in verdünnten Gasen den grossen Vorzug, dass es ein vom Strome selbst völlig unabhängiger Vorgang ist, der die Leitfähigkeit des Gases erzeugt, und dass deshalb jede, noch so kleine EMK. im stande ist, einen Strom im Gase hervorzubringen. Ausserdem würde man bei einem stark verdünnten Gase jedenfalls nicht berechtigt sein, die Geschwindigkeit der Jonen proportional der elektrischen Kraft zu setzen, vielmehr müsste man hier die Beschleunigung in die Gleichungen einführen, wodurch grosse Schwierigkeiten für die Rechnung entstehen.

Es könnte nun den Anschein haben, als ob in den obengenannten Fällen, wo durch eine äussere Einwirkung eine bestimmte Anzahl von Ionen im Gase erzeugt wird, also ein bestimmter Dissociationsgrad entsteht, die Erscheinungen ganz so verlaufen müssten, wie in einem flüssigen Elektrolyten mit unlöslichen Elektroden, z. B. HCl zwischen Pt-Elektroden, abgesehen natürlich von der im Gase nicht beobachtbaren Ausscheidung der Produkte der Elektrolyse. Man müsste also eine proportional der EMK. wachsende Stromstärke erwarten. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall, vielmehr steigt der Strom stets nur bis zu einem gewissen Grenzwert, der durch keine noch so grosse EMK. gesteigert werden kann. Diese merkwürdige Erscheinung wird sofort klar, wenn man die Bedingungen für das Dissociationsgleichgewicht näher untersucht.

Wir haben es in beiden Fällen, in der Flussigkeit, wie im Gase, mit einem sogen. beweglichen Gleichgewicht zu thun, bei welchem in jedem Moment ebensoviel Ionen erzeugt werden, wie verschwinden. Betrachten wir den einfachsten Fall, den Zerfall eines Moleküls in zwei einwertige Ionen, so ist die Gleichgewichtsbedingung

1) $$o = q - \alpha n^2,$$

wobei q die Zahl der pro Sek. in der Volumeinheit erzeugten, αn^2 die Zahl der gleichzeitig verschwindenden Ionen, n ihre Konzentration, α eine Konstante bedeutet. (Hier wie im folgenden werde die Zahl der Ionen stets ausgedrückt durch die ihnen äquivalente Elektricitätsmenge.)

Wenn nun das dissociierte Volumen von einem elektrischen Strome J durchflossen wird, so werden durch diesen pro Sek. J Ionen zerstört, und es lautet die Gleichgewichtsbedingung:

2) $$o = \int q\,dv - \alpha \int n^2 dv - J,$$

wobei die Integrale über den ganzen vom Strome durchflossenen Raum auszudehnen sind.

Da nun das erste Glied von J völlig unabhängig, das zweite stets positiv ist, so kann J niemals grösser werden als $\int q\,dv$, d. h. als die Gesamtzahl der pro Sek. erzeugten Ionen.

Dass ein derartiger Sättigungsstrom in einer Flüssigkeit bisher niemals beobachtet wurde, liegt einfach an dem grossen Wert von q, d. h. an der ungeheuer grossen Reaktionsgeschwindigkeit in dem flüssigen Elektrolyten. (Es wäre vielleicht trotzdem ganz interessant, nach geeigneten Elektrolyten zu suchen, welche, wenn auch keinen Sättigungsstrom, so doch eine langsamere Zunahme des Stromes zeigen, als dem Ohmschen Gesetz entspricht.)

Es ergiebt sich ferner für ein leitendes Gas folgende merkwürdige Thatsache:

Betrachtet man einen Kondensator von dem Querschnitt F, der Länge l, und setzt

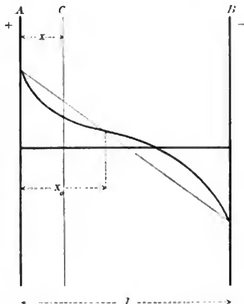
$$\int q\,dv = q\,Fl$$
$$J_{max} = j_{max}\,F,$$

so folgt für die Sättigungsstromdichte:

3) $$j_{max} = q\,l,$$

d. h. der Strom nimmt mit zunehmendem Plattenabstand zu, ein sehr paradoxes Resultat, das jedoch von der Erfahrung durchaus bestätigt wurde.

Eine weitere Thatsache, die aus der Theorie unmittelbar abzuleiten ist, ist das Auftreten gewisser Polarisationserscheinungen: (Fig.)



Es seien A und B die beiden Kondensatorplatten, A die Anode, B die Kathode. Es werde eine Ebene C im Abstande x von der Anode betrachtet, die durch dieselbe hindurch-

tretende Anzahl + Ionen ist, Sättigungsstrom vorausgesetzt:

$$q\ Fx,$$

die entsprechende Anzahl — Ionen beträgt:

$$q\ F\ (l-x).$$

Bezeichnet man mit $X = -\frac{d\Phi}{dx}$ das Potentialgefälle an dem betrachteten Punkte, mit k_1 und k_2 die Beweglichkeit des + resp. — Ions, d. h. seine Geschwindigkeit im Potentialgefälle = Eins, mit n_1 resp. n_2 die Jonenkonzentration, so ist:

$$k_1\ n_1\ X = q\ Fx$$
$$k_2\ n_2\ X = q\ F\ (l-x)$$

oder

4) $$n_1 - n_2 = \frac{q\ F}{X}\left(\frac{x}{k_1} - \frac{l-x}{k_2}\right).$$

Es muss also in genügend kleinem Abstande von jeder Elektrode stets ein Überschuss von Ionen der entgegengesetzten Art, d. h. eine räumliche Ladung, vorhanden sein. Nun ist aber nach der Poissonschen Gleichung:

5) $$4\pi\ (n_1 - n_2) = \frac{dX}{dx} = -\frac{d^2\Phi}{dx^2}.$$

Daraus folgt für den Potentialverlauf zwischen den beiden Platten, der ohne Bestrahlung annähernd geradlinig ist, eine Kurve von der in der Figur dargestellten Form. Die Asymmetrie rührt von der verschiedenen Wanderungsgeschwindigkeit beider Ionenarten her; der Wendepunkt der Kurve $\left(\frac{d^2\Phi}{dx^2} = o,\ \text{also}\ n_1 = n_2\right)$ ist nach 4) durch die Gleichung:

6) $$\frac{x_0}{l-x_0} = \frac{k_1}{k_2}$$

gegeben.

Kurven dieser Art sind von C. D. Child[1]) und J. Zeleny[2]) thatsächlich beobachtet worden. Es ergiebt sich aus ihnen für Luft eine etwas grössere Geschwindigkeit des —Ions.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen will ich nunmehr zu der Besprechung derjenigen Arbeiten übergehen, welche die numerische Bestimmung der Grössen k_1 und k_2, d. h. der Wanderungsgeschwindigkeiten zum Ziele haben. Die hier zu besprechenden Untersuchungen sind alle im Laboratorium zu Cambridge von J. J. Thomson und seinen Schülern: E. Rutherford, Mc Clelland und J. Zeleny ausgeführt worden. Die betreffenden Arbeiten zeichnen sich alle durch sehr geistreich erdachte Methoden aus; dagegen ist das mitgeteilte Zahlenmaterial sehr unvollständig; es werden fast stets nur die Endresultate angegeben, so dass es kaum möglich ist, sich ein Urteil über die erreichte oder erreichbare Genauigkeit zu bilden.

1) C. D. Child, Wied. Ann. 65. 152; 1898.
2) J. Zeleny, Phil. Mag. (5) 46, 121; 1898.

Ich muss mich hier damit begnügen, die benutzten Methoden kurz zu skizzieren.

Ist keine EMK. angelegt, so ist die Ionenkonzentration durch die Gleichung gegeben:

7) $$n = \sqrt{\frac{q}{a}}.$$

n lässt sich dadurch bestimmen, dass durch einen Pendelunterbrecher kurz hintereinander zuerst die Bestrahlung unterbrochen wird, und dann durch Anlegen einer sehr hohen EMK. sämtliche in diesem Augenblicke vorhandenen Ionen in einen Messkondensator entladen werden. Ist Q die in letzterem aufgefangene Elektricitätsmenge, so ist

8) $$n = \frac{Q}{Fl}$$

(die Bedeutung der Zeichen s. w. o.).

Legt man andererseits eine sehr kleine EMK. an, so dass n durch den Strom ausser in unmittelbarer Nähe der Elektroden nicht merklich geändert wird, so ist die entstehende Stromdichte:

9) $$j = n(k_1 + k_2)\ \frac{E}{l},$$

wobei E die Potentialdifferenz der Platten. Aus den Gleichungen 8) u. 9), die lauter beobachtbare Grössen enthalten, ist $(k_1 + k_2)$ ohne weiteres berechenbar.

In der folgenden Tabelle stehen die von E. Rutherford[1]) erhaltenen Werte für $(k_1 + k_2)$. (Doch lauten die Werte etwas anders, als sie der Verfasser selbst angiebt, infolge eines Rechenfehlers des letzteren.)

Tabelle I.

Gas	(k_1+k_2)	M (Mol.-Gew.)	$(k_1+k_2)\sqrt{M}$
H_2	12,7	2	17,9
O_2	2,47	32	14
N_2 (Luft)	2,88	28	15,3
CO_2	2,07	44	13,6
SO_2	0,912	64	7,3
Cl_2	1,9	70	15,7
HCl	2,61	36	15,6.

Wie aus der dritten und vierten Spalte der Tabelle hervorgeht, besteht zwischen den Beweglichkeiten und den Molekulargewichten eine höchst einfache Beziehung, indem — mit Ausnahme von SO_2 — die Beweglichkeit umgekehrt proportional der Wurzel aus dem Molekulargewicht ist. Diese Gesetzmässigkeit, die dem Verfasser offenbar gänzlich entgangen ist, ist von mir ganz zufällig aufgefunden worden; ich glaube, dass man sie als eine indirekte Bestätigung für die Güte der ausgeführten Messungen betrachten kann.

Die obigen Zahlen stellen die Summe beider Beweglichkeiten dar. Um k_1 und k_2 einzeln zu bestimmen, bedarf es noch einer zweiten Messung;

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (5) 44, 422, 1897.

eine solche ist von J. Zeleny[1]) ausgeführt worden und zwar bestimmte dieser das Verhältnis k_2/k_1 nach einer Methode, die mir zwar nicht ganz einwandsfrei zu sein scheint, welche jedoch jedenfalls angenähert richtige Werte ergiebt. Verfasser blies nämlich Luft in Richtung der elektrischen Kraft durch die in diesem Falle aus einem Drahtnetz bestehenden Elektroden hindurch und regulierte die elektrische Kraft für positive resp. negative Ladung der einen Platte so, dass bei konstant gehaltener Strömungsgeschwindigkeit gleichviel + oder — Elektricität in die andere Platte einströmte. Die hierzu nötigen Potentialdifferenzen verhalten sich umgekehrt wie die Beweglichkeiten. Verfasser fand folgende Resultate:

Tabelle II.

Gas	k_2/k_1
Luft	1,24
N_2	1,23
O_2	1,24
H_2	1,14
Leuchtgas	1,15
CO_2	1,00
NH_3	1,045
C_2H_2	0,985
N_2O	1,105

Auf einige sehr hubsche Demonstrationsexperimente zum Nachweise der für Luft verschiedenen, für CO_2 gleichen Beweglichkeit beider Ionen kann hier nur hingewiesen werden.

Von grossem Interesse ist nun die Frage, ob die Natur der Ionen verschieden ist oder dieselbe, wenn sie durch verschiedene Ursachen erzeugt werden. E. Rutherford[2]) hat deshalb auch für Luft, welche durch ultraviolette Strahlen leitend gemacht ist, die Wanderungsgeschwindigkeit untersucht. Das ultraviolette Licht wirkt bekanntlich nicht direkt auf ein bestrahltes Gas ein, sondern nur durch Bestrahlung einer negativ geladenen Grenzschicht; es gelangen deshalb nur negative Ionen in das Gas.

Die Methode zur Bestimmung der Beweglichkeit war folgende:

Einem durch eine sinusförmig verlaufende EMK. geladenen Drahtnetz stand eine mit einem Elektrometer verbundene Platte gegenuber, welche durch das Netz hindurch bestrahlt wurde. Die Ionen, welche nur während der positiven Halbschwingung, d. h. negativen Influenzierung der Platte, in das Gas gelangen, vermögen während dieser Zeit nur einen ganz bestimmten, von der Amplitude der angewandten EMK. und der Beweglichkeit abhängigen Weg zurückzulegen; wenn das Drahtnetz weiter entfernt ist als diese Strecke, so kehren sie sämtlich zu der Platte zurück und das Elektrometer bleibt in Ruhe. Ist dagegen die Entfernung kürzer, so tritt ein Teil der Ionen in das Drahtnetz, und die Platte nimmt eine allmählich steigende positive Ladung an.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate für drei Gase von 760 mm Druck angegeben:

Tabelle III.

Gas	k_2 (Ultraviol.)	k_2 (X-Strahlen)
Luft	1,6	1,59
H_2	5,2	5,8
CO_2	1,07	1,03

Die durch ultraviolettes Licht erzeugten Ionen haben also dieselbe Beweglichkeit wie die durch X-Strahlen erzeugten. Für niedrigere Drucke bis 34 mm fand Verfasser die Beweglichkeit genau umgekehrt proportional dem Drucke. Auch für die durch Uranstrahlen erzeugten Ionen hat E. Rutherford[1]) dieselbe Beweglichkeit gefunden.

Ganz andere, und zwar viel kleinere Werte fand Mc. Clelland[2]) in Flammengasen; seine Zahlen stimmen dagegen leidlich mit den schon viel früher von S. Arrhenius[3]) gefundenen Zahlen für in Flammen leitende Salzdämpfe; es liegt die Vermutung nahe, dass bei der Leitung der Flammengase nicht die gasförmigen Verbrennungsprodukte (CO_2 und H_2O) die Leitung bedingen, sondern metallische (z. B. *Na*-) Ionen, die ja bei einer in freier Luft brennenden Flamme stets vorhanden sind.

Zum Schlusse mag noch eine von J. J. Thomson[4]) ausgeführte Untersuchung hier erwähnt werden, welche den Zweck hatte, den absoluten Wert der Ladung eines einzelnen Ions zu bestimmen. Es würde zu weit führen, die sehr geistreich erdachte Methode hier zu beschreiben, es sei deshalb nur das Resultat angegeben: Verfasser fand für die Ladung eines einzelnen Stickstoff- und ebenso für die eines Wasserstoff-Ions den Wert von etwa:

$$6 \text{ bis } 7 \times 10^{-10}$$

elektrostatischen Einheiten, einen Wert, der der Grössenordnung nach ganz gut mit dem übereinstimmt, den nach der kinetischen Gastheorie ein elektrolytisches Ion im Gaszustande haben müsste.

1) J. Zeleny, l. c.
2) E. Rutherford, Proc. Cambr. Soc. 9 (8, 401; 1898.

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (5) 47, 109, 1899.
2) Mc. Clelland, Phil. Mag. (5) 46, 29; 1898.
3) S. Arrhenius, Wied. Ann. 42, 18; 1891.
4) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46, 528; 1898.

REFERATE.



Techn. Mechanik u. Maschinenlehre.
Besorgt von Prof. E. Meyer.

A. Stodola, das Siemenssche Regulierprinzip und die amerikanischen „Inertie"-Regulatoren.[1])

Soll eine Kraftmaschine, die mit einem üblichen Centrifugalregulator versehen ist, nach plötzlicher Belastungsänderung in einen neuen Beharrungszustand kommen können, d. h. soll die Regulierung „stabil" sein, so muss die Konfiguration des Regulators so beschaffen sein, dass bei zunehmendem Ausschlag desselben auch die Winkelgeschwindigkeit der Regulatorwelle zunimmt, welche bei diesem Ausschlage die zur Erhaltung des Gleichgewichtes erforderliche Centrifugalkraft hervorruft. Würde umgekehrt mit zunehmendem Regulatorausschlag die zum Gleichgewichte erforderliche Winkelgeschwindigkeit abnehmen, so hätte man einen „labilen" Regulator, der einmal aus der Gleichgewichtslage gekommen, nicht mehr in sie zurückkehren könnte, also unbrauchbar ist. Da bei Vollbelastung der Regulatorausschlag am geringsten, bei Leerlauf am grössten ist, so ist somit mit Rücksicht auf die Stabilität der Regulierung im ersteren Falle die Winkelgeschwindigkeit $= W_{min}$, im letzteren $= W_{max}$, die Maschine wird mit zunehmender Belastung ihre Geschwindigkeit, die im Mittel W_0 betrage, stets verringern. $\delta = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_0}$ wird der Ungleichförmigkeitsgrad des Regulators genannt. Er beträgt bei guten Reglern 3 bis 4% von W_0.

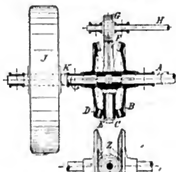


Fig. 1.

Nun haben schon im Jahre 1895 die Brüder Werner & William Siemens ein neues Regulierprinzip angegeben, das durch die Fig. 1 erläutert wird. Die Welle A gehört der Kraftmaschine an, sie steht durch die Kegelräder BCD mit der Welle K in Verbindung. Das Kegelrad C kann sich sowohl um die Spindel E, als auch um die Welle A lose drehen. Die Nabe, auf der die Spindel E festgemacht ist, trägt ein Stirnrad-Segment F, durch dessen Eingriff in das Stirnrad G die Spindel H verdreht und die Steuerung verstellt wird, wodurch die Leistung des Motors in irgend welcher Weise vergrössert oder verkleinert werden kann. Den Hauptbestandteil der Vorrichtung bildet die Schwungmasse J auf der Welle K, die in möglichst reibungsloser Weise gelagert sei. Hält man die Spindel E fest, so überträgt sich die Bewegung von A auf K, und die Winkelgeschwindigkeit von K wird derjenigen von A gleich und entgegengesetzt. Wird nun plötzlich z. B. die Belastung des Motors verringert, so wird, da zunächst der Zufluss des motorischen Stoffes gleichbleibt, die Welle A beschleunigt. Diese Beschleunigung sollte auf J übertragen werden. Die Masse von J setzt ihr aber einen Widerstand entgegen, der sich als doppelter Zahndruck Z auf das Differentialrädchen C überträgt und dadurch eine Drehung des Segmentes F und eine Verstellung der Steuerspindel H so lange hervorruft, bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder gleich derjenigen der Beharrungsmasse J geworden ist.

Während also beim gewöhnlichen Centrifugalregulator erst eine Geschwindigkeitsänderung vorhanden sein muss, um durch die Vergrösserung oder Verringerung der Centrifugalkraft eine Stellkraft zur Änderung der Steuerung hervorzurufen, wird diese Stellkraft hier durch die Beschleunigung oder Verzögerung erzeugt, die gleich im ersten Augenblicke nach der Belastungsänderung auf die Motorenwelle ausgeübt wird, oder genauer durch den Trägheitswiderstand der Beharrungsmasse J, der der Beschleunigung widerstrebt. Sieht man von Reibungswiderständen, die unbedeutend sein mögen, ab, so bleibt die Geschwindigkeit der Maschine nach der Regulierung dieselbe wie vorher. Der Ungleichförmigkeitsgrad δ wird gleich Null.

Die Nachteile der Siemensschen Regulierung bestehen darin, dass die Beharrungsmasse erst künstlich auf die Geschwindigkeit, die sie der Maschine erteilen soll, gebracht werden muss. Wenn die Belastungsänderung so langsam und stetig vor sich geht, dass die durch sie hervorgerufenen Beschleunigungen oder Verzögerungen der Motorenwelle sehr klein werden, so kann der Zahndruck Z so klein sein,

1) Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1899, No. 18 u. 20.

dass er die Reibung des Stellzeugs nicht überwindet und dass somit die Vorrichtung ganz versagt.

In neuerer Zeit werden in Amerika und seit einigen Jahren auch in Deutschland die sogenannten „Inertie-Regulatoren" gebaut, bei denen das Siemenssche Prinzip dadurch ergänzt ist, dass der Beharrungsregler mit einem Centrifugalregulator zu einem einheitlichen Ganzen ver-

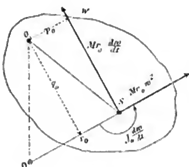


Fig. 2.

bunden wird. In Fig. 2 sei S der Schwerpunkt eines Regulatorpendels von der Masse M, das in O_1 drehbar aufgehängt sei und mit seinem Drehpunkt um die Regulatorwelle O mit der Winkelgeschwindigkeit w sich drehe. Dann entstehen bei den in der Figur eingeschriebenen Bezeichnungen folgende Drehmomente um O_1: infolge der Centrifugalkraft

1) $$M r_0 w^2 q_0,$$

infolge der Trägheitskräfte

2) $$J_0 \frac{dw}{dt},$$

wo J_0 das Trägheitsmoment des Pendels bezogen auf den Schwerpunkt S ist, und

3) $$M r_0 \frac{dw}{dt} p_0.$$

Das Pendel kann somit gleichzeitig als Schwungmasse eines Centrifugalregulators und als Beharrungsmasse in obigem Sinne dienen. Wird nun der Centrifugalkraft im Beharrungszustande der Maschine (wenn w konstant ist) durch die Kraft einer Feder, die etwa im Schwerpunkt S angreift, das Gleichgewicht gehalten, so bleibt der Ausschlag des Pendels unverändert. Tritt infolge von Belastungsänderungen z. B. eine Vergrösserung von w ein, so wird die Centrifugalkraft grösser, als die Federspannung in der bisherigen Lage. Das Pendel ist bestrebt, seinen Ausschlag zu vergrössern. Dieses Bestreben wird aber dadurch unterstützt, dass während der Änderung von w nun auch die oben angeschriebenen Momente der Trägheitskräfte eine Vergrösserung des Ausschlages herbeizuführen suchen. Das Prinzip des Inertie-Regulators ist somit hier grundsätzlich gegeben.

Wird das Gleichgewicht zwischen Kraft und Last an einer Kraftmaschine, die der Herrschaft eines selbstthätigen Regulators überlassen ist, gestört, so entsteht eine mit wechselnden Beschleunigungs- und Verzögerungszuständen verbundene Übergangsperiode, während deren der Regulator den Zufluss des motorischen Stoffes der neuen Grösse des Widerstandes anzupassen bestrebt ist. Die hierbei im Regulatorausschlage auftretenden Schwingungen sollen durch eine Ölbremse derart gedämpft werden, dass der Widerstand, den die letztere in jedem Augenblick der Bewegung des Regulators entgegensetzt, proportional der Geschwindigkeit dieser Bewegung ist. Dann entsteht zunächst die Frage nach dem mathematischen Ausdruck für die Bedingung der Stabilität der Regulierung, d. h. dafür, dass die Regulatorschwingungen allmählich abnehmen und somit eine neue Gleichgewichtslage des Regulators erreicht wird. Bezüglich des Ganges der hierüber von Stodola angestellten Untersuchung muss auf die Arbeit selbst verwiesen werden; hier soll nur das Ergebnis derselben Platz finden.

Es bedeute w_0 die mittlere Winkelgeschwindigkeit der Motorenwelle, M_{max} das Kraftmoment, das bei Vollbelastung von dem motorischen Stoffe auf sie ausgeübt werde, M_0 das auf das Pendel wirkende Moment der Federkraft, das während des ganzen (klein gedachten) Ausschlages des Regulators als konstant angenommen werde. Dann nennt Stodola

T_0 die Anlaufzeit des Motors, d. h. diejenige Zeit, innerhalb welcher die Schwungmassen des Motors durch das Moment M_{max} von 0 auf die Geschwindigkeit w_0 beschleunigt werden,

$2T$ die Fallzeit des Pendels, während welcher dasselbe unter Einwirkung des Momentes M_0 den gesamten Pendelausschlag zurücklegt,

$2T'$ die Fallzeit der Bremse, während derer das Pendel gegenüber dem Widerstand der Bremse allein den gesamten Ausschlag zurücklegt, und

$2T''$ die Anlaufzeit der Beharrungsmassen, innerhalb welcher die hinsichtlich der Trägheitswirkung gleichwertigen Regulatormassen durch das Moment M_0 von 0 auf w_0 beschleunigt würden.

Alle diese Zeiten lassen sich, wenn die Anordnung der Maschine und des Regulators gegeben sind, mit Hilfe der Formeln der Dynamik leicht berechnen.

Die Bedingung für die Stabilität der Regulierung lautet dann

$$T' (\delta T_0 + T'') > T^2.$$

Wie man sieht, kann T' nie $= 0$ werden, eine Ölbremse muss immer vorhanden sein (falls nicht andere Arten von Reibungswiderständen dafür eintreten).

Ist $T'' = o$, haben wir also keine Beharrungsmassen und damit einen gewöhnlichen Centrifugalregulator, so muss auch immer der Ungleichförmigkeitsgrad δ positiv sein. Hat man aber Beharrungsmassen, so bleibt die obige Stabilitätsbedingung noch bestehen, auch wenn wir $\delta = o$ machen, ja selbst wenn δ negativ wird, solange nur $T'' > \delta\, To$ ist. Dies ist der wichtigste Gesichtspunkt zur Beurteilung der Inertie-Regulatoren: Maschinen, die mit ihnen ausgerüstet sind, können also im Vollgang die gleiche Geschwindigkeit besitzen wie im Leerlauf.

Für die Güte des Regulators kommt es nun noch wesentlich darauf an, dass die grösste Geschwindigkeitsänderung der Motorenwelle, die während der Schwankungen vor Erreichung des neuen Beharrungszustandes durch die Laständerung hervorgerufen wird, ein bestimmtes Mass nicht überschreitet. Die Bestimmung der auftretenden grössten Geschwindigkeit w_{max} erheischt die Lösung der Differentialgleichungen der Bewegung, die Stodola nunmehr ausführt.

Es bezeichne Δ die relative Belastungsänderung in Teilen der grössten Belastung, und es werde gesetzt

$$T_1 = \sqrt[3]{T_o T'^2}$$

$$X = \frac{T' T_o}{T_1}$$

$$Y = \left(\delta + \frac{T''}{T_o}\right)\frac{T_o}{T_1}$$

und

$$\xi_{max} = \frac{w_{max} - w_o}{w_o};$$

dann findet sich

$$\zeta_{max} = \frac{T_o}{T_1}\,\frac{\xi_{max}}{\Delta} = \text{Funktion von } (XY) \text{ allein.}$$

Diese Funktion berechnet Stodola und trägt ζ_{max} zum Gebrauche bei Regulatorkonstruktionen in Funktion von X und Y graphisch auf, so dass ζ_{max} abgegriffen werden kann, wenn X und Y bekannt sind. Da sie nach obigem durch die Anordnung der Kraftmaschine und des Regulators fest gegeben sind, so nennt sie Stodola mit Rücksicht auf eine frühere Arbeit die Wischnegradskyschen Kennzahlen der Regulierung.

Da einerseits die schwierigen dynamischen Probleme, die hier auftreten, von grossem allgemeinen Interesse sind, und da andererseits die Inertie-Regulatoren hauptsächlich zur Regulierung von Kraftmaschinen für elektrischen Lichtbetrieb Verwendung finden, so dürfte ein eingehendes Studium der Stodolaschen Arbeit auch dem Physiker von Wert sein.

E. Meyer.



Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Die Sicherheit des Menschen gegenüber elektrischen Anlagen, ist der Titel eines Vortrages, der auf der 7. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Hannover von Herrn Dr. Huberth Kath am 12. Juli d. J. gehalten, jetzt auch im Drucke [1]) erschienen ist und dessen Inhalt allgemeinerer Beachtung empfohlen werden muss.

Ein Überblick über die Gesamtheit der zur Zeit vorliegenden Erfahrungen führt zu dem Schlusse, dass die heutigen Sicherheitsvorkehrungen allen billigen Anforderungen durchaus genügen: ist doch sämtlichen Behörden einschliesslich dem kaiserlichen Gesundheitsamte die Zahl der Unfälle in elektrischen Anlagen zu gering erschienen, als dass sich deren Zusammenstellung in besonderer Statistik verlohnt hätte.

Auch im Unterrichtslaboratorium wird man sich im wesentlichen an die Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und die dazu von C. L. Weber herausgegebenen Erläuterungen zu halten haben. Sie sind in jüngster Zeit durch die Vorschriften für Mittelspannungsanlagen (Verlag Springer und Oldenbourg) vervollständigt worden. Ist ein gefährlicher Kontakt eingetreten, so kann das Leben des Getroffenen fast immer noch durch künstliche Atmung gerettet werden.[2]) Es darf nie vergessen werden, dass Tötung durch Elektricität aus zwei getrennten Teilen besteht. Zunächst wird meist durch Vagusüberreizung das Atemcentrum, seltener auch das Herz gelähmt. Für letzteren Fall empfiehlt Verfasser neben der künstlichen Atmung die Einatmung von ein bis höchstens drei Tropfen Amylnitrat zur Blutdruckverminderung. D'Arsonval berichtet von einem Monteur, der mehrere Minuten 4500 Volt Wechselstrom von 55 Perioden ausgesetzt war und noch nach einer halben Stunde ins Leben zurückgerufen wurde. Erst wenn Hilfe unterbleibt, tritt später auf sozusagen unelektrischem Wege sekundär der Tod ein. Primär endgültig tödliche Zersetzungen und Zerstörungen im Gebiete des Centralnervensystems, wie sie bei den amerikanischen Hinrichtungen beobachtet werden, dürften bei Unglücksfällen fast als ausgeschlossen gelten können, da man bei den Hinrichtungen etwa acht Ampère bei 1500—1800 Volt längere Zeit anwenden muss, um seinen Zweck mit Sicherheit zu erreichen.

Die praktisch wichtige Frage ist: Unter welchen Umständen hat man das erste, das

1) E.-T. Z. XX, Heft 34 vom 24. August 1899, p. 601—603.
2) vide E.-T. Z. XVI, p. 70, 1895.

Lähmungs- und Betäubungsstadium, zu fürchten? Es zeigt sich, dass es weit mehr auf die Stromstärke, die den Körper passiert, als auf die Spannung ankommt. 0,1 Ampère müssen als unbedingt lebensgefährlich angesehen werden, während 0,03 Ampère im allgemeinen schon unerträglich sind und als gefährliche Stromgrenze angesehen werden können, sofern es sich um Gleichstrom oder die Wechselstromfrequenzen der jetzigen Technik handelt. Daneben ist aber daran zu erinnern, dass es einzelne Personen giebt, bei denen schon unter dem Einflusse sehr viel geringerer Ströme, wie z. B. bei den Strömen der Telephonmessbrücke, Shockwirkungen auftreten. Besonders empfindlich für den Strom scheint Alkoholgenuss zu machen.

Zur Beurteilung der Gefährlichkeit einer Berührung von Teilen gegebener Spannung können folgende Daten dienen: Der Widerstand des Körpers durch die Arme ist auf 500 Ω und der Widerstand der Haut ist bei 1 cm Berührungsfläche auf 50000 Ω zu veranschlagen. Es leuchtet ein, wie viel gefährlicher die Berührung mit einem metallenen Werkzeuge ist, als die Berührung mit einem trockenen Finger, wo 500 Volt z. B. noch vertragen werden könnten. Doch sollte die gleichzeitige Berührung zweier Leitungen verschiedener Spannung unter allen Umständen unterbleiben. Von wesentlich grösserer Bedeutung ist der Fall, dass bei Berührung nur eines Poles der Schluss zum anderen Pole durch die Fussbekleidung und den Fussboden geschieht. Über die Widerstandsverhältnisse unter diesen Umständen hat Redner auf Anregung Gisbert Kapps an einigen besonders charakteristischen Orten selbst Messungen angestellt. In Bureau- und trockenen Wohnräumen war der Schutzwiderstand unmessbar hoch, aber selbst in Fabrikräumlichkeiten, wo Wasserlachen auf dem Boden standen, ging der Widerstand Hand Erde nur in zwei Fällen auf 15000 Ω herunter. Anders in einer Zuckerraffinerie. Hier lagen die beobachteten Widerstandswerte zwischen 900 und 2000 Ω; einseitige Berührung von 100 Volt Spannung hätte schon tödlich wirken können. Der Fall der im Nachtrage zu den Niederspannungsvorschriften vorgesehenen schwierigen Betriebe war gegeben.

Th. Des Coudres.



Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Photographische Himmelskarte. Band I. 20627 scheinbare rechtwinklige Coordinaten von Sternen bis zur elften Grösse nebst genäherten Örtern für 1900.0. Potsdam, 1899.

Der Plan zur Herstellung einer den ganzen Himmel umfassenden Sternkarte, welchen der internationale Astronomen-Kongress im Mai 1887 zu Paris fasste, wurde alsbald dahin erweitert, dass, entsprechend der grossen Genauigkeit der photographischen Methode, zunächst behufs Positionsbestimmungen Aufnahmen zu machen und auszumessen seien, welche alle Sterne bis zur elften Grössenklasse inkl. enthielten. Der daraus sich ergebende Katalog wird ungefähr drei Millionen Sterne umfassen. Als erste Frucht dieses internationalen Unternehmens liegt oben genannte Publikation vor. Das Astrophysikalische Observatorium zu Potsdam hatte die Bearbeitung der Zone $+32^0$ bis $+39^0$ inkl. übernommen. Jede der dazu erforderlichen 1232 Aufnahmen umfasst ein quadratisches Feld von etwas über 2^0 Seitenlänge und greift dachziegelartig auf ihre vier Nachbarplatten über, so dass jeder Stern auf mindestens zwei Aufnahmen zu finden sein muss. Als Instrument dient der vorzügliche photographische Refraktor von 34 cm Öffnung, die Expositionszeit beträgt 5 Min. Zur leichteren und sicheren Ausmessung der Platten wird vorher auf jede derselben ein Gitter aufkopiert, dessen Striche genau 5 mm gleich 5' Abstand von einander besitzen. Jeder Stern wird mit Hilfe eines besonderen Messapparats an die benachbarten vier Striche des betreffenden Gitterquadrats angeschlossen. Hierdurch und durch den bekannten Abstand des entsprechend bezeichneten Quadrats von der Plattenmitte erhält man die rechtwinkligen Koordinaten x und y eines jeden Sternes in Bezug auf die Mitte der Platte, ausgedrückt in Gitterintervallen. Die Genauigkeit dieser relativen Positionen ist sehr bedeutend; als wahrscheinlicher Fehler einer Koordinate ergiebt sich $\pm 0.''13$. Da das Gitter sehr nahe nach AR. und D. orientiert und die Plattenmitte genähert leicht zu bestimmen ist, sind aus diesen rechtwinkligen Koordinaten genäherte Äquatorialkoordinaten für 1900.0 berechnet, deren Genauigkeit derjenigen der bekannten „Bonner Durchmusterung" noch etwas überlegen ist, während die Anzahl der Sterne etwa das Zweieinhalbfache beträgt. Der vorliegende Katalog enthält neben der laufenden Nummer zunächst die aus dem Durchmesser des photographischen Sternbildchens gefolgerte Grösse des Sternes, seine genäherten Äquatorialkoordinaten α und δ für 1900.0, die eine sehr schätzenswerte Erweiterung der Bonner Durchmusterung bilden, die genauen rechtwinkligen Koordinaten x und y in Bezug auf die Plattenmitte, die den Kern der Publikation bilden und das Material zu weiterer wissenschaftlicher Bearbeitung bieten, und bei den Sternen, die sich in der B. D. finden, ihre dortige Nummer. Die genaue Reduktion der relativen rechtwinkligen Koordinaten auf abso-

lute äquatoriale ist nicht durchgeführt, einmal weil die zur Berücksichtigung der Schiefe des Gitters gegen AR. und D., der normalen Distorsion infolge der Krümmung der Bildebene und der Refraktion erforderlichen Rechnungen ausserhalb des Arbeitsplanes des Observatoriums lagen, hauptsächlich aber, weil die als Grundlage derselben erforderlichen absoluten Positionen von mindestens drei Sternen für jede Platte in einer der Genauigkeit der photographischen Messungen entsprechenden Sicherheit bislang nicht vorhanden sind. Doch erlauben beigegebene Hilfstafeln jedem Benutzer schnell eine derartige Umwandlung mit einer Genauigkeit vorzunehmen, welche die einer einfachen Meridiankreisbeobachtung erreichen dürfte.

Dr. Clemens.

Results of the photographic observations of the Leonids, November 14—15, 1898, at the Yale College Observatory. By W. Elkin. Astrophys. Journ. X, 1.

In den Nächten des 14. und 15. November 1898 gelang es auf der Sternwarte des Yale College und der damit verbundenen Hamden-Station in zwölfstündiger Expositionszeit 16 Meteore zu photographieren, von denen acht dem Leonidenschwarm angehören. Nach Ausschluss eines, dessen Spur zu kurz war, ergiebt die Messung und Diskussion der Bahnen der übrigen sieben den Radiationspunkt mit beträchtlicher Sicherheit zu $\lambda = 146^{\circ}20.5'$, $\beta = +17^{\circ}25.3'$, bezogen auf 1875.0. Die unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 33.25 Jahren daraus abgeleiteten Bahnelemente weichen nicht unbedeutend von den früher von v. Oppolzer berechneten ab, und zwar in Knoten- und Perihellänge im Sinne der von Berberich ermittelten Störungen. — Die eine gleichzeitig auf beiden Stationen photographierte Sternschnuppe giebt für die Höhen des Aufblitzens und Erlöschens 111.2, resp. 98.6 Kilometer. *Dr. Clemens.*



Instrumentenkunde.

Besorgt von Prof. Dr. L. Ambronn.

In den Tagen vom 20.—23. August fand in Jena der X. deutsche Mechanikertag statt. Zur Wahl dieses Ortes hatte besonders die durch Professor Abbe im vorigen Jahre in Göttingen ausgesprochene Einladung Veranlassung gegeben, die zugleich im Namen der Carl Zeissschen und der Schottschen glastechnischen und optisch-mechanischen Betriebe abgegeben war. Dementsprechend nahm neben den mehr geschäftlichen Verhandlungen, welche in den beiden am Montag und Dienstag abgehaltenen Sitzungen zur Sprache kamen, die Besichtigung dieser grossartigen Institute ein ganz hervorragendes Interesse in Anspruch, welches diesen sowohl seitens der Präcisions-Mechaniker von Fach, als auch von den dem Verein der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik angehörenden Physiker und den Vertretern verwandter Wissensgebiete entgegengebracht wurde.

Die auf zwei Tage bemessenen Verhandlungen wurden am 21. August zunächst durch den Vorsitzenden Herrn Dr. Krüss eröffnet. An eine kurze Ansprache schlossen sich die Begrüssungen, welche seitens des Vertreters des weimarischen Kultusministeriums und des Vertreters der Universität, der Herren Geheimräte Vollert und Eucken, den Teilnehmern dargebracht wurden. Von diesen Herren berührte der erstere namentlich das vorzügliche Einvernehmen, welches zwischen den vier Erhalterstaaten der Universität Jena und dem hochherzigen Begründer der Carl Zeissschen Stiftung, welche man fast den fünften Erhalterstaat nennen könne, bestehe, während Herr Geheimrat Eucken auf die Mittel und Wege hinwies, welche durch die Fortschritte der Technik in den Dienst des wissenschaftlichen Forschers gestellt worden sind. Der Oberbürgermeister der Stadt Jena hiess die Versammlung seitens der Bürgerschaft und des Magistrates willkommen.

Hierauf folgte der seitens des Vorsitzenden erstattete Jahresbericht, welcher sich nicht nur auf die Vorkommnisse des letzten Jahres beschränkte, sondern zugleich die Thätigkeit der Gesellschaft für Optik und Mechanik während des verflossenen Decenniums schilderte. Aus demselben dürfte besonders hervorzuheben sein, dass seit der Gründung die Gesellschaft, wie sie ursprünglich aus dem Berliner Verein im Jahre 1889 hervorgegangen, zunächst im Anschluss an die Versammlungen der deutschen Naturforscher und Ärzte, unter dem Namen des Mechanikertages zu einer Generalversammlung der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik geworden ist. Aus der Verteilung der Mitglieder über ganz Deutschland und aus der Anzahl derselben, die in den zehn Jahren von 140 auf 483 gestiegen ist, geht hervor, dass thatsächlich ein sehr grosser Teil der deutschen Präcisionsmechaniker auf diesen Versammlungen vertreten ist. Mehrere Zweigvereine haben sich gebildet, so derjenige zu Hamburg-Altona, zu Ilmenau, welcher die Glastechnik vertritt, und in jüngster Zeit ein solcher zu Göttingen. Überall dürfte ein Zusammenwirken der Mechaniker von Fach mit den Vertretern der in Betracht kommenden Wissenschaften gesichert sein.

In sehr nahen Beziehungen steht die Vereinsleitung mit der Redaktion der Zeitschrift für Instrumentenkunde, welcher neuerdings auch

das im gleichen Verlage erscheinende eigentliche Vereinsblatt beigelegt wird. Ebenso werden seitens der Physikal.-technischen Reichsanstalt und des Normalaichungsamts die Bestrebungen der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik auf das zuvorkommendste gefördert.

Die Interessen der deutschen Mechaniker wurden auf der Ausstellung zu Chicago durch die Gesellschaft vertreten, und noch intensiver wird dies, wie in einem weiteren Vortrage Herr Professor Westphal hervorhob, auf der kommenden Ausstellung in Paris der Fall sein. Auch um die Einführung eines einheitlichen, des sogenannten Loewenherz-Gewindes und eines systematischen Rohrkalibers hat sich die Gesellschaft grosse Verdienste erworben.

Nachdem Herr Dr. Krüss noch einen kurzen Hinweis auf die Thatigkeit der Gesellschaft bezüglich der Regelung des Gehilfen- und Lehrlingswesens gegeben, gedenkt er der im Laufe der in den zehn Jahren des Bestehens der Gesellschaft durch den Tod entrissenen Mitglieder und im besonderen der Herren P. Doerffel, H. Haensch und L. Loewenherz, von denen namentlich der letztere der D. G. f. Op. u. Mech. schon bei ihrer Gründung die Wege vorzeichnete, auf denen dieselbe zu erspriesslicher Wirksamkeit gelangen könne und auf denen sie heute noch bestrebt ist, das vorgesteckte Ziel zu erreichen.

An diese einleitenden Worte schlossen sich, wie schon erwähnt, die Mitteilungen des Herrn Professor Westphal über den Stand der Vorarbeiten für die Kollektivausstellung der D. G. f. Op. u. Mech. auf der Pariser Weltausstellung, die aber als mehr interner Natur sich eingehender Darlegung an dieser Stelle entziehen.

Durch den verdienstvollen Leiter der Zeissschen Werkstätten, Herrn Professor Abbe, wurde sodann eingehend über die Einsetzung eines Schiedsgerichtes gesprochen, welches geeignet sei, die Standesinteressen der Mitglieder, sowohl in geschäftlicher als auch in moralischer Beziehung wahrzunehmen und zu sichern. Die sofortige Wahl dreier Schiedsmänner war das Resultat der Abbeschen Auseinandersetzungen, ein Zeichen, welche Anerkennung auch die socialen Bestrebungen dieses Gelehrten in den weitesten Kreisen finden.

Durch Herrn Blaschke, dem Geschäftsführer der D. G. f. Op. u. Mech., wurde sodann ein Bericht über den Export der Erzeugnisse deutscher Mechaniker und Optiker gegeben, an den sich der Wunsch anschloss, dass namentlich den Preisverzeichnissen der Deutschen Mechanischen Werkstätten eine etwas grössere und den verschiedenen Verhältnissen des Auslandes Rechnung tragende Aufmerksamkeit zugewendet werden möchte.

Zum Schlusse der ersten Sitzung berichtete Herr Berger von der Firma Carl Zeiss über den Stand der Einführung des einheitlichen Rohrsystems.

Nachmittags fand unter fachmännischer Führung die Besichtigung der mechanischen und optischen Werkstätten des Carl Zeissschen Betriebes statt. Es dürfte auch für den Physiker nicht ohne Interesse sein, einige statistische Mitteilungen über diese Anstalt zu erfahren, und es mag daher aus dem zur Verteilung gelangten kurzen Geschäftsbericht einiges angeführt sein.

Die Firma wurde im Jahre 1846 durch den Ende 1888 verstorbenen Mechaniker Dr. Carl Zeiss gegründet. Gegenwärtig steht derselben, nachdem ihr späterer Inhaber, Professor Abbe, sie in das Eigentum der „Carl Zeiss-Stiftung" übergeführt hatte (1889), eine aus vier Personen bestehende Geschäftsleitung vor (Professor Abbe, Dr. Czapski, M. Fischer und Dr. O. Schott). Als Stiftungskommissar fungiert seitens der grossherzoglichen Staatsregierung der Geh. Regierungsrat M. Vollert. Die Produktion der Firma zerfällt in fünf Hauptabteilungen:

1. Mikroskope und deren Nebenapparate, im besonderen Apparate zur Mikrophotographie. Der Jahresumsatz dieser Abteilung beträgt rund eine Million Mark. Von 1864 bis zum 1. Juli dieses Jahres wurden 79,500 Stück achromatische Objektive und seit 1886 10,900 Stück Apochromate geliefert.

2. Photographische Objektive und mechanisch-optische Hilfsmittel zur Photographie; in den letzten Jahren namentlich die von Dr. Rudolph erfundenen „Anastigmate" und „Planare". Jahresumsatz in den letzten drei Jahren je 5000, 5900 und 7000 Stück im Werte von resp. 465,000, 535,000 und 571,000 Mark.

3. Optische Messinstrumente für technische und wissenschaftliche Zwecke (Refraktometer, Spektrometer, Dilatometer u. s. w.). Dieser unter Dr. Pulfrichs Leitung stehenden Abteilung sind zugleich die Lehr- und Versuchswerkstatt angegliedert. Auch die neuerfundenen Distanzmesser werden dort gebaut.

4. Erdfernrohre, meist binokular mit erhöhter stereoskopischer Wirkung. In den letzten drei Jahren je 4200, 5400, 7500 Stück, im Werte von resp. 548,000, 748,000 und 865,000 Mark.

5. Astronomische Objektive und Montierungen, besonders Objektive mit vermindertem sekundären Spektrum aus neuen Schottschen Glasarten. Diese erst in den letzten zwei Jahren unter der Leitung von Dr. Pauly errichtete Abteilung nimmt fortwährend an Umfang zu.

Der gesamte Jahresumsatz beträgt mehr als 2 Millionen Mark.

Interessant dürften noch die Personalverhältnisse sein. Im feinmechanischen Betrieb sind 338 Personen, im feinoptischen 381 Personen beschäftigt. In den Hilfsbetrieben, Tischlerei, Klempnerei u. s. w. 112; während die Zahl der mit der Verwaltung betrauten Personen 60, der in den Comptoirs Beschäftigten 35 Angestellte beträgt, sind als wissenschaftliche Arbeiter 23 Personen thätig. An Gehalten und Löhnen werden gegenwärtig 1,202,000 Mark bezahlt.

Mit dem grössten Interesse folgten die Teilnehmer den Erläuterungen ihrer Führer, welche überall betreffs der technischen Einrichtungen in diesem Betriebe bereitwilligst Auskunft erteilten, so dass der Rundgang, welcher mehr als zwei Stunden in Anspruch nahm, überaus reiche Belehrung bot.

Ebenso wie dieser Teil der grossen Jenenser Firmen, waren auch die Einrichtungen und Leistungen der Schottschen Glaswerke am nächsten Tage den Mitgliedern des Mechanikertages zugänglich gemacht worden. Namentlich in den Morgenstunden, in denen die Glasöfen und die Bläsereien noch in vollem Betriebe sich befanden, bot sich hier wieder dem Besucher ein weites Feld rastloser Thätigkeit dar, welche durch die Leiter der einzelnen Abteilungen in zuvorkommendster Weise erläutert wurde.

Verdankt die mechanisch-optische Werkstätte mehr dem zweckmässig angewandten mathematischen Kalkül, sowie den Forschungen auf physikalischem Gebiete ihre Leistungsfähigkeit, so tritt in den glastechnischen Werken die Chemie mit ihren der Praxis dienstbar gemachten Errungenschaften mehr in den Vordergrund. Durch die sorgfältigsten Versuche und die Abwägung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der die verschiedenen Glassorten zusammensetzenden Elemente ist es bekanntlich gelungen, jetzt Gläser herzustellen, welche fast jeden innerhalb gegebener Grenzen gewünschten Brechungsindex und die mannigfachsten Dispersionsverhältnisse besitzen, so dass es möglich ist, den optischen Bedingungen der verschiedensten Art zu genügen. Wenn auch nicht jeder Guss gelingt, so waren doch Gläser von unübertroffener Reinheit und von den verschiedensten Dimensionen zu sehen, die ihrer Zusammensetzung nach zu besonderen physikalischen Zwecken dienen, oder zu optischen Linsen bis zum Durchmesser von über $1\frac{1}{4}$ m verwertet werden können. Eine Crownglaslinse von solchen Dimensionen befindet sich gegenwärtig gerade in Politur; sie wird auf der Pariser Weltausstellung voraussichtlich die deutsche Glasindustrie in Gemeinschaft mit anderen Erzeugnissen würdig vertreten.

Die Sitzung am Morgen des 22. August war im wesentlichen geschäftlichen Beratungen der D. G. f. Opt. u. Mech. gewidmet, deren Mitteilung an dieser Stelle wohl von geringerem Interesse sein dürfte. Es soll nur erwähnt sein, dass sie sich auf die oben schon berührten Fragen des Lehrlingswesens bezogen und neben der Anerkennung des Göttinger Zweigvereins die Wahlen zum Vorstand, sowie die Ablegung des Rechnungsberichtes und die Budget-Anträge betrafen. Zum Schluss erfolgte die Wahl des Ortes für die nächste Jahresversammlung, als welcher nach einigen anderen Vorschlägen auf besondere Einladung des Herrn Tesdorpf Stuttgart festgesetzt wurde.

Dass neben den wissenschaftlichen und geschäftlichen Arbeiten des Mechanikertages auch die geselligen Erholungen und Darbietungen nicht zurückstanden, dafür sorgten in ausgezeichneter Weise neben den Angestellten der Zeissschen und Schottschen Werke der Direktor des physikalischen Institutes, Geheimrat Winkelmann, und der Leiter der Sternwarte, Professor O. Knopf, sowie eine Reihe anderer den Bestrebungen des Mechanikertages nahestehender Personen. Ihnen allen ist es gelungen, den Teilnehmern des X. Deutschen Mechanikertages den Aufenthalt in Jena nach jeder Richtung hin zu einem angenehmen, lehrreichen und erspriesslichen zu machen.

L. Ambronn.



Theorie der photographischen Entwickelung und Natur des latenten Bildes.

Abney[1]) hat vor langer Zeit die wichtige Beobachtung gemacht, dass eine halogensilberhaltige Emulsion ohne irgendwelche Belichtung sich entwickeln lässt, 1) wenn sie sich auf einem fertig entwickelten Negativ befindet, 2) wenn sie auf einer belichteten Schicht zugleich mit dieser entwickelt wird. Die Silberausscheidung findet in beiden Fällen an den Stellen der unbelichteten Schicht statt, wo in der anderen Schicht Silber bereits vorhanden ist oder durch Entwickelung des Lichteindrucks entsteht. Die Annahme, dass der direkte Kontakt der Silberteilchen die benachbarten Halogensilberteile der unbelichteten Schicht entwickelungsfähig macht, wird durch einen von Bredig[2]) erdachten, von Eder ausgeführten Gegenversuch bestätigt, in dem die unbelichtete Schicht nicht direkt, sondern erst nach Zwischenlagerung einer halogensilberfreien dünnen Gelatinehaut auf die andere gebracht wird. Die Aufhebung des unmittelbaren Kontakts mit den Silberteilchen der unteren Schicht hebt auch die Entwickel-

1) Phil. Mag. [5] 3, 46. 1877.
2) Eders Jahrbuch 1899.

barkeit der oberen unbelichteten Schicht auf. Schon früher, 1880, hatte Eder eine Entwickelung der unbelichteten Schicht an der Stelle der Berührung mit einem Silberdraht gefunden, neuerdings wird aber die spezifische Wirkung des Silbers ebenfalls von Eder[1]) bei diesem Versuch in Abrede gestellt und die Entwickelung als Folge einer mechanischen Druckwirkung erklärt. Schaum[2]) findet beim Einlagern makroskopischer Silberpartikeln in die Emulsion keine merkliche Reduktion durch den Entwickler in der Umgebung dieser Partikeln, erklärt dieses scheinbare Ausbleiben der spezifischen Silberwirkung jedoch plausiblerweise dadurch, dass die Dimensionsänderungen der Silberpartikeln durch das an ihrer Oberfläche abgeschiedene Silber nur unmerklich gering seien. Dass eine solche Wirkung aber vorhanden ist, beweisen mit Sicherheit Versuche von Abegg und Herzog,[3]) welche in Parallelversuchen Emulsionen teils ohne, teils mit Zusatz von äusserst fein verteiltem „molekularen" Silber der Entwickelung unterwarfen, und stets bei den silberkeimhaltigen Platten ein viel früheres Auftreten des ohne Belichtung sich einstellenden Entwickelungsschleiers konstatierten.

Eine Theorie der Entwickelung von Halogensilberplatten auf Grund der somit bewiesenen Annahme, dass hierfür der Kontakt mit metallischen Silberkeimen massgebend sei, wird dann von Abegg[4]) gegeben: es wird vorausgesetzt, dass bei sonst gleichen Bedingungen die Geschwindigkeit der Halogensilberreduktion proportional der Grösse der metallischen Silberoberflächen, d. h. bei der erfahrungsgemäss gleichen Korngrösse der reduzierten Silberteilchen proportional der Anzahl der an der betreffenden Stelle vorhandenen Silberkeime sei, wenn also bei Beginn der Entwickelung a Silberkeime vorhanden waren, und im Laufe derselben x entstanden, so ist dann die Zunahme dx der Kornzahl in der Zeit dt proportional $a+x$, die Entwickelungsgeschwindigkeit $v = dx/dt = k\,(a+x)$ oder $ln \frac{a+x}{a} = k \cdot t$. Da für verschiedene Stellen einer Platte im allgemeinen die Bedingung gilt, dass die Entwickelungsdauer t gleich ist, so ergiebt die Gleichung eine bestimmte Beziehung zwischen der durch Belichtung und nach der Entwickelung vorhandenen Kornzahl, welche nebst einigen anderen Folgerungen mit der Erfahrung in qualitativem Einklang stehen. Quantitative Messungen fehlen noch.

1) Eder, Photogr. Corresp. 1899, Nr. 465.
2) Schaum, Arch. wiss. Phot. 1, 139. 1899.
3) Abegg und Herzog, Arch. wiss. Phot. 1, 114. 1899.
4) Abegg, Arch. wiss. Phot. 1, 109. 1899.

Das Ergebnis, dass die Entwickelbarkeit der Platten an die Gegenwart metallischen Silbers gebunden ist, legt die Vermutung nahe, dass auch das latente Lichtbild selbst aus metallischem Silber besteht. Dies schliesst Abegg[1]) aus der Beobachtung, dass die Entwickelbarkeit einer belichteten Bromsilbergelatine-Platte durch Baden in verdünnter HNO_3 „nahezu verschwindet", indem also sich das Silber aufgelöst habe. Die Annahme, dass das latente Bild aus einem Silbersubhaloid bestehe (welches in HNO_3 unlöslich ist), wird dagegen von Eder[2]) aufrecht erhalten, welcher findet, dass selbst von sehr starker HNO_3 das latente Lichtbild in Collodiumemulsion nicht völlig vernichtet wird. Die Subhaloidtheorie nimmt an, dass der Entwickelungsvorgang dadurch eingeleitet wird, dass durch den Entwickler das Subhaloid in metallisches Silber + Haloid zerfalle, wodurch die Silberkeime für die Entwickelung geliefert werden. Die Vermutung spricht dafür, dass keine der beiden Hypothesen über die Natur des latenten Bildes ausschliesslich richtig sei, da die Versuche die Möglichkeit einer Kombination beider offenbar zulassen.

Die Diskussion über dieses Thema steht augenblicklich im Vordergrund des Interesses der Photochemiker. *Abegg.*

1) Abegg, Arch. wiss. Phot. 1. 15. 1899.
2) Eder, Phot. Corresp. 1899, Nr. 464. S. 276.

BÜCHERBESPRECHUNGEN.

Lehrbuch der Potentialtheorie. Allgemeine Theorie des Potentials und der Potentialfunktionen im Raume von Dr. Arthur Korn. Berlin 1899, bei Dümmler. 415 S. 9 Mk.

Die älteren Lehrbücher der Potentialtheorie, welche, wie die von Dirichlet, Clausius, Fr. Neumann, eine gute Einführung in das Gebiet geben, entsprechen in ihrer Darstellung der höheren Probleme längst nicht mehr den Anforderungen und den Leistungen der Gegenwart, während weitergehende wie die von C. Neumann, Harnack und Poincaré mehr den Charakter von Originalarbeiten haben und dementsprechend in Stoff und Methoden eine gewisse Einseitig-

keit aufweisen. Unter diesen Umständen darf ein neues Lehrbuch der gesamten Potentialtheorie dankbar begrusst werden, das sich wie das vorliegende die Aufgabe stellt, von den elementarsten Grundlagen ausgehend, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der theoretischen Physik den neueren Forschungen über die Randwertaufgaben gerecht zu werden. Freilich beschränkt sich der Verfasser auf die abstrakte Theorie des Newtonschen Potentials im dreidimensionalen Raume; auf die physikalische Bedeutung der Begriffe und Sätze wird nur hingedeutet, specielle Beispiele werden nicht gegeben.

Nach einigen Hilfssatzen über Kurven- und Flächenintegrale werden in Teil I die vier Arten des Potentials: das Punktpotential, das Kurvenpotential, das Flächenpotential und das Raumpotential durch Summierung oder Integration über den reciproken Abstand zweier Raumpunkte definiert, und ihre Eigenschaften, namentlich die Stetigkeit oder Unstetigkeit der einzelnen Potentiale und ihrer Ableitungen bis zur zweiten Ordnung, sowie die Laplacesche und Poissonsche Differentialgleichung eingehend und oft in origineller Weise entwickelt. Nur will es mir scheinen, als ob den Verf. das an sich anerkennenswerte Bestreben, die Beweise in voller Strenge zu fuhren und doch schwierigere Konvergenzbetrachtungen mit ε und δ, die dem Physiker so wenig sympathisch sind, nach Möglichkeit zu vermeiden, vielfach zu einer allzu weiten Ausdehnung der rein formalen Rechnung veranlasst hätte. So wird, um nur ein Beispiel anzuführen, auf S. 37 eine allgemeine Identität von fünf Zeilen, die sich nicht ganz mühelos verifizieren lässt, ohne jede nähere Motivierung aufgestellt und hieraus eine Umformung des Flächenpotentials in einen acht Zeilen langen Ausdruck gewonnen, aus dem dann in den folgenden Seiten weitere Formeln entspringen, und das alles zunächst nur, um die Stetigkeit des Flächenpotentials selbst zu beweisen! Ob nicht eine etwas abstraktere Darstellung unter möglichster Beschränkung des Formelapparates, wie sie sich in den meisten älteren Lehrbüchern und u. a. auch bei Picard (Traité d'Anlyse t. I) findet, auch dem Physiker übersichtlicher und verständlicher wäre?

Nachdem nun in Teil II die Betrachtung des Flächenpotentials einer Kugelfläche zu einer gedrängten Theorie der Kugelfunktionen und der nach Kugelfunktionen fortschreitenden Reihenentwickelungen Veranlassung gegeben hat, werden in Teil III die „Potentialfunktionen", d. h. die Lösungen der Laplaceschen Differentialgleichung, welche in einem gegebenen Raumteile mit ihren Ableitungen eindeutig, endlich und stetig sind, in den Vordergrund gestellt, ihre Darstellung durch Flächenpotentiale und ihre Maximums- und Minimumseigenschaften entwickelt. Im Anschluss daran werden die beiden Hauptprobleme der Potentialtheorie, das „elektrostatische" und das „hydrodynamische", d. h. die Bestimmung der Potentialfunktion innerhalb oder ausserhalb einer geschlossenen Fläche, wenn entweder die Werte der Funktion oder ihre normalen Ableitungen auf der Fläche gegeben sind, aufgestellt und für den Fall einer Kugelfläche mit Hilfe von Kugelfunktionen gelöst. Die Lösung dieser beiden Probleme auch für allgemeinere Flächen bildet dann den Gegenstand der beiden letzten Teile IV und V („Theorie der allgemeinen Potentialfunktionen") und den Zielpunkt des Werkes überhaupt. Hier stützt sich der Verf. bei der Behandlung des elektrostatischen Problems zunächst auf die Neumannsche „Methode des arithmetischen Mittels" und beweist die Konvergenz des Verfahrens von vornherein schon für den Fall, dass die Fläche nicht wie bei Neumann überall konvex, sondern nur „in Bezug auf einen inneren Punkt konvex" ist, d. h. dass wenigstens durch diesen einen Punkt keine Tangentialebene der stetig gekrümmten Fläche hindurchgeht. Die gewonnenen Resultate werden dann auf den Fall verallgemeinert, wo die gegebenen Randwerte nur „abteilungsweise stetig" sind, und damit ist die Grundlage für die Schwarzsche Methode des „alternierenden Verfahrens" gewonnen. Die Anwendung dieses Verfahrens auf eine endliche Anzahl von Kugelkalotten, welche die gegebene Fläche in geeigneter Weise umschliessen, führt endlich zu dem Satze, dass das elektrostatische Problem für den Innen- oder Aussenraum einer beliebigen, stetig gekrümmten geschlossenen Fläche mittels der Neumannschen Methode und einer endlichen Anzahl Schwarzscher Operationen immer gelöst werden kann. Dagegen wird auf die Poincaréschen „balayage"-Methoden, die sich dieser ganzen Gedanken-Entwickelung nicht recht fügt, absichtlich keine Rücksicht genommen. In den letzten Abschnitten wird die Methode des arithmetischen Mittels auf das „hydrodynamische" Problem übertragen, und nach den Methoden von Murphy für beide Probleme der Fall behandelt, wo die Fläche aus mehreren getrennten Teilen besteht; den Schluss bilden einige Bemerkungen über die Modifikationen, die bei mehrfach zusammenhängenden Räumen eintreten müssen.

Die Darstellung ist überall klar und übersichtlich, oft vielleicht etwas breit, die mathematischen Deduktionen werden sorgfältig geführt. Zur Erläuterung dienen 94 Figuren im Text; die Anmerkungen am Schlusse bringen Ergänzungen und Litteraturnachweise; manchem wäre freilich auch ein Sachregister erwünscht gewesen. Alles in allem kann das Werk, das nicht nur eine klare zusammenhängende Darstellung des

überlieferten Stoffes, sondern auch verschiedene selbständige Untersuchungen bringt, dem Mathematiker wie dem Physiker zur Einführung in die höheren mathematischen Methoden der Potentialtheorie durchaus empfohlen werden.

E. Zermelo.

Briefkasten.

1) Wie lässt sich ein etwas blindgewordenes Rowlandsches Plangitter zweckmässig reinigen?

Personalien etc.

Robert M. Friese, Oberingenieur der Elektricitätswerke A.-G. vorm. Schuckert & Cie. in Nürnberg hat einem Ruf als ordentlicher Professor auf den neu errichteten Lehrstuhl für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München Folge geleistet.

Die P.-D. H. Battermann (Astron.) und O. Krigar-Menzel (Physik) in Berlin sind zu Tit.-Prof. ernannt.

In Göttingen hat sich Dr. W. Kaufmann für Physik, Dr. Manchot für Chemie habilitiert.

An Stelle des verstorbenen Dr. H. W. Vogel wurde der bisherige Direktor der optischen Anstalt vorm. Voigtländer u. Sohn in Braunschweig, Dr. Adolf Miethe, als etatsmässiger Professor für Photochemie an die technische Hochschule zu Charlottenburg berufen.

In Halle hat sich Dr. Grassmann für Mathem., Dr. Neumann für Physik habilitiert. In Wien hat sich an der Universität E. Ritter von Schweidler für Physik habilitiert.

Internationaler Kongress für Physik zu Paris vom 6. bis 12. August 1900.

Auf Anregung der Französischen Physikalischen Gesellschaft wird zur Zeit der nächsten Weltausstellung in Paris ein internationaler Kongress für Physik stattfinden. Seine Verhandlungen sollen sich erstrecken auf

a) Definition und Festlegung von Einheiten (Druck, Härteskale, Wärmemenge, Photometrische Grössen, Saccharimetrische Konstanten, Spektralskale, Elektrische Einheiten, soweit solche noch nicht festgesetzt sind, u. s. w.).
b) Bibliographie der Physik.
c) Staatslaboratorien.
d) Besuch der Ausstellung, von Laboratorien und Werkstätten.
e) Vorträge über neue Arbeiten.

Der Preis der Teilnehmerkarte soll 20 Fr. betragen, wofür auch der Bericht über die Verhandlungen geliefert werden wird.

Vorsitzender des Organisationsausschusses ist Prof. A. Cornu, Stellvertreter Prof. L. P. Cailletet, Schriftführer sind: für Frankreich Prof. L. Poincaré, für das Ausland Dr. C. E. Guillaume (Pavillon de Breteuil, Sèvres, S.-et-O.), Mitglieder dieses Ausschusses sind die Herren d'Arsonval, Bassot, Becquerel, Benoît, Bichat, Blondlot, Crova, Joubert, Lippmann, Macé de Lépinay, Mascart, Mathias, Pellat, Potier, Violle.

Der Ausschuss bittet vorläufige Anmeldungen, die in keiner Weise verpflichtend sind, an einen der Schriftführer zu richten.

Vorlesungen des Wintersemesters 1899/00.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimental-Physik I; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium: a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Mechanische Wärmetheorie; Physikalische Technik; Experimental-Physik enc. Kurs. — **Grotrian**: Theorie der Elektricität und des Magnetismus, Elektrotechnik II, Elektrotechnisches Praktikum: a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Niethammer**: Die Vorträge und Übungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik werden später bekannt gegeben. — **Polixa** Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen.

Universität Basel.

E. Hagenbach-Bischoff: Exper.-Physik II (Licht, Wärme, Elektricität) 6; Mass u. Messen i. d. Physik. — **G. Kahlbaum**: Allg. physik. Chemie II, 2; Colloqu. üb. theor. Chemie 3, *g*; physik.-chem. Vollprakt. — **H. Veillon**. Magnet. u. elektr. Messgn.

Universität Bern.

Forster: Experimental-Physik, II. Teil, 6; theoret. Optik, *g*, 1; Repet. der Physik, 2; physik. Praktkm., 4. — **Gruner**: Astrophysik, 1; mathemat. Physik; Anwend. d. Differentialrechng. in d. Physik, 1.

Universität Berlin.

Fock: Einleitung in die Chemie u. Physik 1; Entwickelung der Chemie u. Physik im 19. Jahrhundert 1; chem. Krystallographie 1. — **E. Warburg**: Experimentalphysik 5; mathemat. Ergänzungen zur Experimentalphysik 1, *g*; prakt. Übungen im Laboratorium tägl. — **Pringsheim**: Interferenz u. Polarisation des Lichtes $1\frac{1}{2}$, *g*. — **Neesen**: Fortleitung der elektrischen Energie 2; geometrische Optik 1, *g*. — — **du Bois**: Magnetische und elektrische Messungen 1; absolutes Masssystem 1, *g*. — **Raps**: Anwendungen der Elektricität 1. — **Planck**: Theorie der Wärme 4; mathemat.-physikal. Übungen 1, *g*. — **Wesendonk**: Thermodynamik 1, *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoret. Physik 4; Übungen 1, *g*. — **Weinstein**: Potentialtheorie 3; Hypothesen u. Prinzipien der physikal. u. chem. Wissenschaften 1, *g*. — **Blasius**: Prakt. Übungen im physikal. Laboratorium täglich; Übungen im Anschluss an das physikal. Praktikum 1, *g*; physikal. Kursus für Mediziner $2\frac{1}{2}$. — **v. Bezold**: Allgemeine Meteorologie 2; Wind u. Wetter 1, *g*; Übungen 6; Colloquium 1, *g*. — **Assmann**: Meteorolog. Instrumente und Beobachtungs-Methoden 1. — **Less**: Wärme- u. Regenverhältnisse von Mitteleuropa 1; jeweilige Witterungsvorgänge 1, *g*. — **Landolt**: Allgem. u. physikal. Chemie 4; prakt. Übungen im Laboratorium tägl.; physikal.-chem. Arbeiten tägl. — **van 't Hoff**: Physikal. Chemie. — **Meyerhoffer**: Lehre vom chem. Gleichgewicht 1; Apparate u. Methoden der physikal. Chemie 1. — **Jahn**: Elektrochemie 4. Einleitung in die theoret. Chemie 1, *g*; physikal.-chem. Arbeiten tägl. — **Förster**: Astronomie mit Übungen 3; Geschichte u. Theorie der naturwissenschaftl. Erkenntnis 2, *g*; Seminar für wissenschaftl. Rechnen. — **Battermann**: Aberration des Lichtes 1, *g*. — **Marcuse**: Praktische Astronomie 2; Himmelskunde 2; Übungen 2. — **Scheiner**: Populäre Astrophysik 3; Colloquium 1, *g*.

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimental-Physik. Physikalische Übungen. Physikalische Übungen, speciell für Praktikanten d. chem. Laboratorien. Mathemat. Physik. — **Rubens**: Experimental-Physik. Physikalische Übungen. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie. Thermochemie. Einleitung in die Potentialtheorie. — **Grunmach**: Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente. — Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden. — **Kalischer**: Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektricitätslehre. Über elektrische Schwingungen. Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik. — **Slaby**: Wärmemechanik. Elektromechanik. Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding, Roessler u. Klingenberg). — **Strecker**: Elektrotelegraphie. — **W. Wedding**: Encyklopädische Elektrotechnik mit Einschluss der Elektrotelegraphie, mit Experimenten. Elektrotechnische Messkunde. — **Servus**: Berechnung von Dynamomaschinen und elektrischen Verteilungsnetzen. Mechanische Wärmetheorie. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren.

— **Klingenberg**: Elektromechanische Konstruktionselemente. Projektierung elektr. Anlagen. — **Roessler**: Wechselstromtechnik. Elektrische Kraftübertragung. — **Fr. Vogel**: Elektrotechnische Berechnungen.

Universität Bonn.

Kayser: Experimental-Physik I. Teil, 5; Laboratorium für Anfänger, 8; Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikal. Colloquium, 2 g. — **Hagenbach**: Spektralanalyse, 2. — **Lorberg**: Theorie der galvanischen Kette, 2; Elektrodynamik, 4. — **Löb**: Physikalische Chemie, 2; Stereochemie, 1 g.

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum; Experimentalphysik, Mathematische Physik; Mechanische Wärmetheorie, Grundzüge der Telegraphie und Telephonie. Mathematische Elektricitätslehre. — **Bodländer**: Elektrochemie, Elektrochemisches Praktikum. Physikalische Chemie. Metallurgie. Technische Chemie II. Grundzüge der Chemie. Arbeiten im Laboratorium. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik. Elektrotechnik; Elektrotechnische Konstruktionsübungen. Grundzüge der Elektrochemie. Elektrotechnisches Praktikum, Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium. — **Rellstab**: Elektromagnetismus; Theorie der Wechselströme.

Universität Breslau.

Meyer: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, g 1. Experimental-Physik, zweiter Teil: Elektricität, Magnetismus und Wärme, 3. Theorie der Elasticität, 2. Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (gemeinschaftlich mit Heydweiller), 6. — **Heydweiller**: Die neuere Theorie des Magnetismus und der Elektrodynamik (nach Maxwell und Hertz), 2, g, Physikalisches Colloquium, 2. Physikalisches Praktikum, gemeinsam mit O. E. Meyer, dreistündig oder sechsstündig. **Abegg**: Physikalische Chemie II (in elementarer Darstellung), mit Experimenten, 2. Ausgewählte Kapitel der anorganischen und analytischen Chemie (für Fortgeschrittene, 2. Praktisch-chemische Übungen (gemeinschaftlich mit Ladenburg), 45. g Anleitung zu den ersten Arbeiten im chemischen Laboratorium, wochentlich mehrmals. g Mathematisch-physikalische Ergänzungen zur Physikalischen Chemie II, nach Bedarf.

Universität Czernowitz.

Handl: Experimental-Physik, 5; Praktisch-physikalische Übungen, 6. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, II. Teil, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 g.

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Exp.-Phys. 5; Mech. Wärmetheorie 2. Physik. Prakt. 4 Nachm.; Selbst. phys. Arb. — **Rudolphi**: Einf. i. das phys. Prakt. 1. **Meisel**: Opt. Instr. 2. — **Zeissig**: Exper.-Phys. 4. — **Kittler**. Allgem. Elektrotechnik I u. II je 2; Elektrotechn. Seminar 1; Elektrotechn. Prakt. 4 halbe Tage; Selbst. Arb. a. d. Geb. d. Elektrotechn. f. vorgeschr. Stud. — **Goldschmidt**. Betrieb u. Regelg. v. Elektromotoren 1. — **N. N.**: Elektr. Strassenb. 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie 2; Elektrochem. Colloquium 1; Chem.-techn. u. elektrochem. Prakt. ganze Woche; Chem. Technol. 4; Eisenhüttenkunde 1. — **Vaubel**: Üb. Gas- u. Lösungsgesetze 1; Stereochemie 1.

Technische Hochschule Dresden.

Toepler: Exp.-Physik; Physikal. Praktik. — **Pockels**: Physik. Messkunde II. Meteorologie. — **Krone**: Photographie; Lichtpausen; Mikrophotogr. u. Projektion. — **Hallwachs**: Allgem. Elektrotechnik; Elektr. Centralanlagen; Wechselströme u. Transformatoren; Elektrotechn. Übg.; Gröss. elektrotechn. Specialarb.; Elektrotechn. Übgn. f. Chem. — **Corsepius**: Konstruktion u. Bau v. Dynamomasch.; Entw. v. Dynamomasch.; Elektrische Bahnen. — **Ulbricht**: Telegraphie u. Telephonie. — **Foerster**: Elektrochemie; Grundz. d. neueren chem. Verwandtschaftslehre.

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimental-Physik (Mechanik, Elektricität) (5). Physikal. Praktikum f. Anfänger (2). Physikal. Halbpraktikum (20). Physikal. Vollpraktikum (40). Physikal Colloquium (2) g. — **Schmidt**: Experimentale Elektrochemie (2). Populäre Astronomie (1) g.

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimental-Physik, 5. — Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 1, g. — Physikalisches Praktikum, 3. — Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich. — Physikalisches Colloquium, 2. — **G. Meyer**: Elektrochemie, 1. — Thermodynamik, 2. — Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — Selbständige Arbeiten für Geübtere. — **Zehnder**: Beurlaubt.

Universität Giessen.

Wien: Experimental-Physik, 5; physikalisches Praktikum für Anfänger, 9; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich; physikalisches Colloquium. — **Fromme**: Theoretische Elektrodynamik, 3; Übungen in theoretischer Physik, 1 g; Mathematische Geographie und Elemente der Astronomie, verbunden mit praktischen Übungen, 1. — **Seitz**: Repetitorium der Physik für Mediziner und Pharmaceuten, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, täglich; elektrochemisches Praktikum, täglich; chemisches Praktikum für Mediziner (gemeinschaftlich mit Dr. A. Rohde, I. Assistent); Elektrochemie, theoretisch und experimentell, 2; Chemisches Colloquium, 2.

Universität Göttingen.

Riecke: Experimental-Physik II, 3; Physikal. Übungen 8; Geometrische Optik 1, g; Wissenschaftl. Arbeiten 40, g. — **Voigt**: Element. Mechanik 3; Kinetische Theorie d. Gase u. Flüssigkeiten 2; Prakt. Übungen im physikal. Institut 4; Wissenschaftl. Untersuchungen f. Vorgeschrittenere 40, g; Ausgew. Kapitel d. Wärmelehre im Seminar 1, g. — **Nernst**: Theoretische Chemie 3; Physiko-chem. Arbeiten täglich; Physiko-chem. Colloquium 1, g; Accumulatoren 1, g. — **Des Coudres**: Grundzüge d. Elektrotechnik 1; Elektrotechnisches Praktikum 3. G. Th. Fechner 1, g; Elektrotechnische Arbeiten g. — **G. Meyer**: Technische Mechanik 2. Technologie m. besond. Berücksichtigung d. Eisenbahnwesens (f. Juristen) 2. Allgem. thermodynam. Praktikum 3; Maschinenlehre 1, g; Thermodynam. Praktikum f. Vorgeschrittenere g. — **Wiechert**: Elektrodynamik 2; Erdmessung 1; Wetter u. Wettervorhersage 1; Übungen z. Elektrodynamik 1, g; Geophysikal. Praktikum g. — **Simon**: Elektrische Schwingungen 2; Geschichte d. Physik 1, g. — **Coehn**: Physikal. Methoden d. Chemie 2. Elektroanalyse (m. Übungen) 3. **W. Kaufmann**, Gasentladungen 2.

Universität Graz.

Pfaundler: Experimental-Physik, 5. — Physikalische Übungen, 12. — **Wassmuth**: Optik mit specieller Berücksichtigung der elektromagnetischen Lichttheorie, 5. — Seminar für mathematische Physik, 3. — **Subic**: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie, 2. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie, 3. — Physik der Oceane, 1.

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Allgem. und technische Physik I. Kurs: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper; Wärme; Magnetismus, 5. — Allgemeine und technische Physik II. Kurs: Elektricität; Akustik; Optik, 5. — Allgem. Elektrotechnik I. und II. Kurs, 3. — Elektrotechnische Übungen, 7. — **Streintz**: Masse und Messmethoden der Elektrotechnik, 2. — Über Accumulatoren. Theorie und Anwendung, 2.

Universität Greifswald.

Richarz: Entweder Experimental-Physik I oder theoretische Optik, 4. Physikalische Übungen (für Mediziner und Pharmaceuten), 2 u. 6. Leitung selbständiger physikal. Untersuchungen, 6, g. Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der

Elektricität und des Magnetismus, 1, *g*. Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten, 2, *g*. — **Schreber**: Ausgewählte Kapitel aus der physik. Chemie, 2. Der osmotische Druck und seine Anwendung zur Molekulargewichtsbestimmung, 1, *g*.

Universität Halle.

Dorn: Theorie der Elasticität, 2 St., *g*. — Experimentalphysik, I. Teil (Mechanik, Akustik, Wärmelehre), 4. — Physikalisches Laboratorium a) für Anfänger, 6; b) für Geübte zu Untersuchungen, den ganzen Tag. — **Schmidt**: Übungen zur Theorie der Wärme, in zu bestimmenden Stunden, *g*. — Mathematische Theorie der Wärme, 3. — Elektrotechnik (für Studierende). — **Roloff**: Die physikalischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2. — Thermodynamische Behandlung chemischer Vorgänge, 1.

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimental-Physik 4. — Arbeiten im Laboratorium der Physik 8. — **Paschen**: Praktische Physik 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik 2. — Theoretische Elektrotechnik I, 4. — Entw. von Dynamomasch. u. Transformatoren 2. — Elektrotechnisches Laboratorium I, 4. — Elektrotechnisches Laboratorium II, 20. — Elektrotechnisches Laboratorium f. Masch.-Ing. 4. — **Helm**: Elektrische Anlagen und Betriebe I, 3. — Übung. — Elektrotechnische Messungen I, 2. — Grundzüge der technischen Elektrolyse 2. — Elektrolytische Übungen 4. — **Thiermann**: Elektrotechnische Messungen II. Elektrotechnische Messinstrumente. — **Franke**: Elektrotechnisches Colloquium.

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimental-Physik (allgemeine Physik, Wärme, Akustik), 5. — Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftl. Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, an den ersten fünf Wochentagen. — Physikalisches Praktikum, 4. — **Horstmann**: Thermochemie, 2. — Physikalisch-chemische Theorien, 2. — **Precht**: Elektrische Schwingungen und Elektrooptik, 2. — Photographische Übungen (für Studierende aller Fakultäten), 2, *g*. — Anleitung zu wissenschaftlichen photographischen Arbeiten, *g*. — **F. Eisenlohr**: Theoretische Optik, 4. — Differential- und Integralrechnung, 5. — Über das Potential, 2.

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik (Optik und Wärmetheorie), 5. — Seminar für mathematische Physik, 1, *g*. — **Radakovic**: Galvanometrie, 2. — **Klemencic**. Experimentalphysik (Mechanik, Wärme, Magnetismus und Elektricität), 5. — Ausführlicher Unterricht über einzelne Teile der Experimentalphysik, verbunden mit praktischen Übungen, 6. — Praktische Anleitung zu physikalischen Untersuchungen, täglich, *g*. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und ihre Verwertung für die Praxis, 2. — **Hammerl**: Liest nicht. — **Czermak**: Spektralanalyse und deren Anwendung auf die Gestirne, 2. — Klimatologie, 2. — Meteorologische Übungen, 1 — **Hopfgartner**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — Grundzüge der Elektrochemie, 1.

Universität Jena.

Winkelmann: 1. Experimental-Physik II (Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektricität) (5); 2. Physikal. Praktikum, a. für Physiker (6); b. für Chemiker mit Straubel (4); 3. Physikalische Specialuntersuchungen (tägl.); 4. Repetitorium für Mediziner u. Pharmaceuten (1, *g*). — **Schaeffer**: 1. Physikal. Repetitorium und Examinatorium (2). — **Auerbach**: 1. Theorie der Elektricität und des Magnetismus (4); 2. Übungen hierzu (2, *g*); 3. Das absolute Masssystem (1). — **Straubel**: 1. Grundzüge der Elektrotechnik (4); 2. Physikalisches Praktikum für Chemiker mit Winkelmann. — **Duden**: Grundzüge der modernen Elektrochemie (2).

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimental-Physik 4. Physikal. Praktikum Üb. 6. Molekularphysik 1. — **Meidinger**: Heizung und Ventilation 2. Dynamomaschine mit Rücksicht auf ihre Verwendung 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde 2. — Theoretische Elektricitätslehre 3. Elementarmechanik 2. — **Teichmüller**: Elektrotechnische Messkunde 2. Elektrische Leitungen 2, Üb. 2. — **Mie**: Physikalische Messungen, privatim 2. Moderne Anschauungen über Elektricität, priv. 2. — **Rasch**: Elektrische Bahnen 2. — **Seltsam**: Telegraphie und Fernsprechwesen 2. — **Arnold**: Gleichstromtechnik 2. Wechselstromtechnik 4. Elektrotechnisches Colloquium. Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate 4. Elektrotechnischer Vortragscyklus (mit Schleiermacher und Teichmüller) 1. Elektrotechnisches Laboratorium I. Üb. 6, II. Üb. 9. — **Luggin**: Physikalische Chemie 2, Üb. 2. Elektrochemische Übungen (gemeinsam mit Haber) 3. — **Schmidt**: Theorie der Photographie 2. Photographische Übungen 8.

Universität Kiel.

Karsten: Physikal. Colloquium (zus. m. Weber), in zu bestimmenden Stunden, *g*. — **Weber**: Elektrodynamik, 3. Physikal. Technologie mit bes. Berücksichtigung des Eisenbahnwesens (für Juristen), 2. Physikal. Masseinheiten, 1, *g*. Leit. ausgew. physikal. Messungen u. Untersuchungen, 36. Physikal. Colloquium gemeins. m. Karsten, 2, *g*. — **Lenard**: Experimentalphysik (Allgem. Physik, Akustik, Wärmelehre), 4. Physikal. Praktikum f. Anfänger, zugl. f. Chemiker, Mediziner, Pharmaceuten, 7. Physikal. Untersuchungen f. Fortgeschrittene, 35. Besprechungen physikal. Fragen, 1, *g*.

Universität Königsberg.

Pape: Ausgewählte Teile der Thermometrie und Calorimetrie, 1 *g*. Experimental-Physik, II. Teil (Elektricität und Magnetismus, Akustik, Optik), 5. Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g*. Theorie der Wärme, 4. Praktische Übungen und Arbeiten im mathematisch-physikalischen Laboratorium, für Anfänger und Vorgerückte, 4. — **Löwenherz**: Physikalische Chemie, I. Teil: Stöchiometrie, 2.

Universität Leipzig.

Wiener: Experimental-Physik (Licht, Magnetismus, Elektricität), 5. Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, mit Drude, ganztäg. Physikalisches Halbpraktikum. Physikalisches Colloquium, 2 *g*. — **Drude**: Theorie der Elektricität und des Magnetismus, 4. Selbständ. physikal. Arbeiten für Vorgeschrittene mit Wiener, ganztäg. — **Wiedeburg**: Strahlungserscheinungen, 2. Elektrische Messungen, 1. — **von Oettingen**: Harmonielehre auf akustischer Grundlage, 1. Perspektive auf synthetisch geometrischer Grundlage, 1. — **Ostwald**: Allgem. und physikal. Chemie, 2. Chem. Praktikum, ganz- und halbtägig. Im Anschlusse an dieses: Übungen in der Anstellung von Schulversuchen für Lehrer, gemeinsam m. Wagner, ganztäg. Physikal.-chem. Praktikum, ganztägig. Besprechung wissenschaftl. Arbeiten, 1, *g*. — **Le Blanc**: Beurlaubt. — **Knoblauch**: Elektrochemie, 2.

Universität Marburg.

Melde: Experimental-Physik II (Elektricität, Magnetismus und Wärme), 5; Repetit. u. Examinat. über Experimental-Physik, 1; Prakt.-physikal. Übgn. mit Feussner, 12. — **Feussner**: Theoretische Physik (Elektricität und Magnetismus), 4. — Interferenz des Lichts, theoritisch und experimentell, 1. — Physikalisches Praktikum (mit Melde). — **Schaum**: Physikal. Chemie, 3; Besprechg. neuerer Arbeiten 1.

Universität München.

v. Lommel, welcher am 19. Juni 1899 starb, hatte angekündigt: 1) Experimental-Physik, I. Teil; 2) physikalisches Praktikum; 3) Anleitung zu physikalischen Arbeiten; 4) physikalisches Seminar. (Für Stellvertretung wird gesorgt werden.) — **Graetz**: 1) Theorie der Elektricität und des Magnetismus; 2) physikalisches Praktikum; 3) theoretische Akustik. — **Donle**: Physikalische Masse und Messmethoden. — **Korn**

1) Kinetische Gastheorie; 2) Variationsrechnung, mit Rücksicht auf die Anforderungen der theoretischen Physik. — **Vikt. Rothmund** Elektrochemie

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimental-Physik (Mechanik, Akustik, Wärme, Reibungs-, Berührungs- und Thermo-Elektricität), 6; physikalisches Praktikum, 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen 48. — **Burmester**: Geometrisch-optische Täuschungen 1. — **Fischer**: Das Ohmsche Gesetz und seine Erweiterungen 2 V. und 1 Ü. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie (Technische Thermodynamik) 3. — **Emden**: Mechanische Wärmetheorie (in historischer Darstellung) 4. — **E. Voit**: Grundzüge der Elektrotechnik 2. — Allgemeine Elektrotechnik 3. — Telegraphie und Telephonie 2. — Elektrotechnisches Praktikum (mit Friese) 4—8. — Angewandte Physik (Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter), 3. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übungen für Vorgeschrittene. — **Friese**: Elektrische Centralanlagen, 2. — **Heinke**: Ausgewählte Kapitel der Wechselstromtechnik, 2. — **Günther**: Mathematische und physikalische Erdkunde, 4.

Akademie Münster.

Hittorf wird keine Vorlesungen halten. — **Ketteler**: Experimental-Physik, 2. Hälfte (Akustik, Optik, Magnetismus, Elektricität), 4. Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 8. *Elemente der theoretischen Physik, 2. Teil (Theorie der Wärme und der Elasticität), 2.

Universität Prag.

Lecher: Experimental-Physik I. mit besonderer Berücksichtigung der Mediziner, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g*. — **v. Geitler**: Physik. Praktikum, 4. Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Absolutes Masssystem, 1. — **Jaumann**: Experimental-Physik für Anfänger mit besonderer Berücksichtigung der Pharmaceuten, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen für Vorgeschrittene, *g*. — **Lippich**: Theoretische Mechanik, 3; Theorie der Capillarität, 2. Mathemat. Seminar, 2, *g*. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie, 2.

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimental-Physik, II. Teil (5). Geometrische Optik (2). Physikal. Seminar und Colloquium (2). Praktisch-physikal. Übungen für Mediziner, Chemiker und Pharmaceuten (24). Grosses physikal. Praktikum für Geübtere. — **Wachsmuth**: Potentialtheorie (3). — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre (2). Elektrochemisches Praktikum (3).

Universität Strassburg.

Braun: Experimental-Physik, II. Teil (Akustik, Wärme, Elektricität), 5. — Physikalische Übungen. — Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — Physikalisches Colloquium, 2, *g*. — **Cohn**: Elemente der theoretischen Physik, 2. — Theorie des Lichts, 2. — **Wislicenus**: Geometrische Optik, 1. — Anweisung zu den einfachsten kalendarischen Rechnungen, 1. — Die Grundlehren der Astronomie in gemeinverständlicher Darstellung, 1, *g*. — **Cantor**: Physikalische Chemie, 1.

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimental-Physik. Theoretische Physik. Meteorologie. Physikalisches Praktikum. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie. Repetitorium der anorganischen Chemie. Chemisch-physikalisches Colloquium. — **Dietrich**: Allgemeine und specielle Elektrotechnik. Übungen im elektrotechnischen Laboratorium. — **Rupp**: Elektrotechnische Messkunde und Litteratur.

Universität Tübingen.

Oberbeck: Experimental-Physik (Akustik, Wärme, Elektricität), 5. Physikalische Übungen für Anfänger, 4. Leitung selbständiger Untersuchungen, täglich. Physikalisches Colloquium, 2. — **Waitz**: Theorie des Lichts, 3. Übungen dazu, 2. Meteorologie, 1. Repetitorium der Experimental-Physik, 2. — **Paul**: Physikalische Chemie, 2. Pharmaceutische Chemie (organisch), 2. Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. Elektrochemisches Praktikum, 3.

Universität Wien.

v. Lang: Experimental-Physik, I. Teil, 5. — **Boltzmann**: Theorie des Magnetismus und der Elektricität, 5. Unterseminar, *g*. Oberseminar, *g*. Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im physikal. Inst., *g*. — **Exner**: Experimental-Physik, 5. Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 4. Physikalische Übungen für Vorgeschrittene. Physikalisches Konversatorium, *g*. — **Mach**: Die Entwickelung der Mechanik, erkenntniskritisch erörtert, 2. — **Jäger**: Mechanik, 5. — **Moser**: Experimental-Physik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektricität und Optik), 3. Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und Philosophie, 2. Elektricität für Mediziner, 5 wöchentl. Kurse. — **Tuma**: Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten für Lehramtskandidaten aus dem Gebiete des Magnetismus und der Elektricitätslehre, 4. — **Lampa**: Repetitorium der Experimental-Physik, I. Teil, 2. Hydrodynamik (Wirbelbewegung), 1. — **Pernter**: Klimatologie, 3. — **Trabert**: Wettervorhersage, 1.

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik. Einleitung, Wärmelehre, Magnetismus, Elektricität, Wellenbewegung, 5. — Optik für die Hörer des geodätischen Kurses, 2. Physik für Chemiker, 2. Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Tuma**: Übungen in der Auflösung physikalisch-technischer Rechenbeispiele, 2. — **Unbesetzt**: a) Vorträge über Elektrotechnik, 3. b) Praktische Übungen und Untersuchungen. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 2. — Projektierung elektrischer Anlagen, 1. — **Reithoffer**: Elektromotoren und elektrische Kraftübertragung, 2. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1. Photographisches Praktikum (mit besonderer Berücksichtigung der Photogrammetrie), 4.

Universität Würzburg.

Röntgen: 1) Experimental-Physik, I. Teil (Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, I. Teil), wöchentlich 5stündig (privatim); 2) Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, wöchentlich 4- resp. 10stündig, täglich (privatissime); 3) Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich (privatissime); 4) Physikalisches Colloquium, wöchentlich 2stündig (privatissime et gratis). — **Zehnder**: Theorie der Wärme.

Universität Zürich.

Kleiner: Exp.-Physik, 5. Theor. Physik, 2; Übersicht d. Strahlerschg 1; Physik. Prkt. f. Auf., ½ T.; Prkt. f. Vrgkt. tgl. — **Schall**: Physik. Chem., 2.

Technische Hochschule Zürich.

Weber: Physik; Principien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren; System der absoluten elektrischen Messungen; elektrotechnisches Laboratorium; wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien; Untersuchungen von Wechselströmen und Wechselstrommotoren. — **Pernet**: Physik, II. Teil; Anleitung zum physikalischen Praktikum; physikalisches Praktikum für Anfänger; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im physikalischen Laboratorium. — **Constam**: Physikalische Chemie. — **Lorenz** und **Constam**: Thermochemisches Praktikum, physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere. — **Lorenz**: Allgemeine Elektrochemie; chemische Dynamik; elektrochemisches Praktikum für Vorgerücktere.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. 14. October 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Theorie des Zeemaneffektes.

Von H. A. Lorentz.

Den theoretischen Betrachtungen über die Änderungen, welche die Spektrallinien unter dem Einflusse eines magnetischen Feldes erleiden, lassen sich zwei verschiedene Formen geben. Man kann entweder sich auf ein einziges leuchtendes Teilchen beschränken, und mittels gewisser Voraussetzungen die Bewegungsgleichungen für seine freien Schwingungen aufstellen, oder aber von vornherein ein ganzes System leuchtender Moleküle, wie es in einer Flamme oder sonst einer Lichtquelle vorliegt, der Untersuchung unterwerfen.

Den zuerst genannten Weg habe ich in verschiedenen Arbeiten eingeschlagen. Nimmt man an, dass jedes Molekül ein einziges bewegliches Ion enthält, und dass dieses bei seiner Bewegung im Magnetfelde einer Kraft unterworfen ist, die in bekannter Weise von der Geschwindigkeit und der magnetischen Kraft abhängt, so gelangt man in einfacher Weise zu den Triplets, die Zeeman entdeckt hat und die in der Mehrzahl der untersuchten Fälle existieren.

Es war natürlich erwünscht, die Theorie, so weit das ging, von der genannten speciellen Voraussetzung über den Bau eines leuchtenden Teilchens unabhängig zu machen. Zunächst lässt sich völlig allgemein aus Betrachtungen über die Symmetrieverhältnisse ableiten [1]), dass das in der Richtung der Kraftlinien ausgestrahlte Licht von irgend einer bestimmten Wellenlänge nur entweder unpolarisiert, oder vollständig resp. zum Teil, rechts oder links cirkular polarisiert sein kann. Desgleichen, dass man es bei der Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien, wenn überhaupt mit polarisiertem Licht, nur mit einer geradlinigen Polarisation, vollständig oder partiell, zu thun haben kann, und dass dabei die Polarisationsebene parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien liegen muss.

1) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam. Vol. I, S. 90.

Indem ich mir ein leuchtendes Teilchen als ein System vorstellte, das unendlich kleine Schwingungen um eine Lage stabilen Gleichgewichts ausführen kann, untersuchte ich weiter [1]), welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sich ein reines Triplet ergebe. Diese Bedingungen bestehen darin, dass es unter den fundamentalen Schwingungsformen des Systems drei geben muss, für welche, ausserhalb des magnetischen Feldes, die Schwingungszeit dieselbe ist, dass also, wie man sagen kann, drei äquivalente Freiheitsgrade existieren, und dass ausserdem das System in gewissem Sinne isotrop sein muss. Es darf nämlich der Einfluss des magnetischen Feldes auf die Perioden nicht von der Orientierung des Systems im Felde abhängen.

Indessen zeigten die weiteren Beobachtungen, dass das Triplet nur eine besonders einfache Form des Phänomens ist. Cornu entdeckte bei einer der D-Linien das bekannte Quadruplet, und andere Forscher fanden noch kompliziertere Zerlegungen der Spektrallinien.

Diese neuen Erscheinungen bereiteten der Theorie erhebliche Schwierigkeiten, die bis jetzt noch keineswegs überwunden worden sind. Zwar muss, wie Hr. Pannekoek zuerst bemerkte [2]), bei leuchtenden Teilchen mit mehr als drei äquivalenten Freiheitsgraden eine Zerlegung der Spektrallinien in ebenso viele Komponenten stattfinden, und werden diese Komponenten auch ebenso scharf wie die ursprüngliche Linie

1) Lorentz, Wied. Ann. Bd. 63, S. 278.
2) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam. Vol. I, S. 96.

sein, wenn der obengenannten Bedingung der Isotropie genügt wird, aber damit ist die Frage noch nicht erledigt. In Verfolgung dieses Gedankens habe ich die Schwingungen kugelförmiger, elektrisch geladener Systeme[1]), speciell die Schwingungen höherer Ordnung, näher untersucht. Hier treten nun wirklich Änderungen der Schwingungszeiten auf, wie sie den komplizierteren Formen des Zeemaneffektes entsprechen, allein ich stiess auf eine neue Schwierigkeit. Wenn eine Kugelschale, über welche eine elektrische Ladung gleichmässig verteilt ist, eine der höheren Schwingungen ausführt, so teilt sie sich durch Knotenlinien in Felder mit verschiedener Bewegungsrichtung, und aus diesem Grunde ist sie nicht fähig, eine beobachtbare Lichtmenge auszustrahlen. Ich war daher genötigt, zu einer neuen Hypothese zu greifen. Ich erinnerte daran, dass, wie V. A. Julius es schon vor vielen Jahren ausgesprochen hatte[2]), die Gesetzmässigkeiten in dem Baue vieler Spectra auf die Existenz von Kombinationsschwingungen (Summations- und Differenzschwingungen) hinzuweisen scheinen, und zeigte, dass man durch geeignete Kombination der Schwingungen verschiedener Ordnung zu neuen Schwingungen gelangt, die wirklich zu einer Lichtausstrahlung Anlass geben können und bei welchen zu gleicher Zeit eine Zerlegung in mehr als drei Komponenten stattfinden muss.

Freilich wurde die Theorie in dieser Weise sehr verwickelt und konnte sie um so weniger befriedigen, als es nicht gelang, die von derselben angezeigten multiplen Linien mit den in irgend einem Falle beobachteten, etwa mit dem Cornuschen Quadruplet, vollkommen zu identifizieren.

Die zweite der obengenannten Betrachtungsweisen hat zuerst Voigt[3]) gewählt. Dieser Physiker hat indessen nicht direkt die Emission des Lichtes, sondern die Absorption desselben untersucht. Er hat nämlich in die für einen absorbierenden Körper geltenden Bewegungsgleichungen gewisse Zusatzglieder aufgenommen, welche den Einfluss einer äusseren magnetischen Kraft darstellen sollen, und deren Gestalt der auch von mir angenommenen Wirkung dieser Kraft auf bewegliche Ionen entspricht. Was Voigt nun aus seinen Gleichungen ableitet, das ist der Zeemaneffekt bei den Absorptionslinien, oder, wie er sagt, der inverse Zeemaneffekt. Dieser ist in einigen Fällen auch wirklich beobachtet worden, und auf Grund des Parallelismus zwischen Emission und Absorption wird man immer aus den Beobachtungen über den direkten Effekt auf die Existenz des inversen Effektes, und umgekehrt, schliessen dürfen.

Jede der beiden im obigen besprochenen Erklärungsweisen hat, wie mir scheint, ihre Vor- und Nachteile.

Was die zweite betrifft, so erinnere ich an den durch dieselbe angezeigten Zusammenhang zwischen dem Zeemanschen und dem Faradayschen Phänomen und an die weiteren schönen, und durch die Beobachtung bestätigten Folgerungen, die Voigt aus seinen Gleichungen gezogen hat. Überhaupt gestattet nur die zweite Methode die Behandlung von Fragen, in denen es auf die Breite der Spektrallinien ankommt.

Ein schöner Fortschritt wäre es, wie mir scheint, wenn eine ähnliche Theorie wie für die Absorption nun auch direkt für die Emission entwickelt werden könnte.

Werden bei zunehmender Verdünnung eines Gases die Spektrallinien sehr fein, so stehen die Ergebnisse der Voigtschen Theorie in voller Übereinstimmung mit meinen Betrachtungen über die Schwingungen einzelner Moleküle. Poincaré hat dieses bestritten[1]) und die Meinung geäussert, es könne aus ähnlichen Formeln wie die von Voigt zwar das in der Richtung der Kraftlinien beobachtete Doublet, nicht aber das Triplet abgeleitet werden. Diese Behauptung scheint mir, wie ich an einer anderen Stelle auseinandergesetzt habe[2]), unstatthaft zu sein. Die Vernachlässigung eines gewissen Gliedes in einer der Gleichungen[3]) von Poincaré ist nicht mehr erlaubt, sobald die Spektrallinie fein genug ist, um in ein deutliches Doublet verwandelt zu werden; behält man aber das Glied bei, so ergiebt sich für die Ausstrahlung senkrecht zu den Kraftlinien ein ebenso deutliches Triplet.

Es dürfte übrigens wohl kaum zweifelhaft sein, dass die von einem Gase ausgehende Emission schliesslich bei fortgesetzter Verdünnung unabhängig von der Wechselwirkung der leuchtenden Teilchen werden muss; dann müssen aber auch die Resultate der beiden erwähnten Auffassungsweisen auf dasselbe hinauskommen. Annahmen, die bei der einen Betrachtungsweise gemacht werden, müssen sich dann auch in die andere übertragen lassen. Auf diesem beschränkten Gebiete der Emission sehr verdünnter Gase möchte ich nun die direkte Betrachtung der einzelnen Moleküle der anderen Theorie vorziehen, weil sie einfacher und übersichtlicher ist, und uns die Bedeutung der eingeführten Annahmen klarer vor Augen treten lässt.

1) Ibid. Vol. I. S. 340.
2) V. A. Julius, De lineaire spectra der elementen. Verh. d. Akad. v. Wet. te Amsterdam, Bd. 26.
3) Voigt, Göttinger Nachrichten, 1898, Heft 4, S. 329; Wied. Ann., Bd. 67, S. 345.

1) Poincaré, Éclairage Électrique, Bd. 19, S. 5.
2) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam, II. S. 52.
3) Nämlich des Gliedes $\varepsilon_k \alpha \frac{d Z_k}{dt}$ in der Gleichung (6), S. 8.

Es sei mir gestattet, dieses noch an einem Beispiele zu erläutern. Voigt hat vor kurzer Zeit [1]) einen sehr beachtenswerten Erklärungsversuch für die komplizierteren Formen des Zeemaneffektes, zunächst für das Cornusche Quadruplet, veröffentlicht. In demselben benutzt er wieder, ebenso wie früher, die Gleichungen für absorbierende Körper, fügt aber denselben einige neue Glieder hinzu. Man kann nun in meiner Theorie in ähnlicher Weise verfahren, und zwar wie folgt.

Es sei, in dem betrachteten Molekül, ζ_1 die Verschiebung des beweglichen Ions in der Richtung der z-Achse, und es möge diese Verschiebung, so lange noch kein magnetisches Feld existiert, durch die Differentialgleichung

$$(1) \qquad \zeta_1 + b\frac{d^2\zeta_1}{dt^2} = 0$$

mit konstantem positivem b, bestimmt werden.

Um nun zu erklären, wie die mittlere Komponente eines Zeemanschen Triplets in zwei Linien zerfallen kann, sodass ein Quadruplet entsteht, nehmen wir an, es könne in dem Molekül noch eine zweite Störung des Gleichgewichtes stattfinden, die sich ebenfalls durch einen gewissen Vektor ζ_2, in der Richtung der z-Achse darstellen lässt. Dieser Vektor genüge, wenn keine magnetische Kraft existiert, der Gleichung

$$(2) \qquad \zeta_2 + b\frac{d^2\zeta_2}{dt^2} = 0.$$

Den Koefficienten in dieser Gleichung setzen wir jenem in (1) gleich, damit die periodischen Änderungen von ζ_1 und ζ_2 mit gleicher Frequenz geschehen mögen, und denselben also nur eine einzige Spektrallinie entspreche. Es möge nun ein magnetisches Feld in der Richtung der z-Achse erregt werden, und es möge dadurch zwischen ζ_1 und ζ_2 eine gewisse Verbindung entstehen, die sich in der Weise ausdrücken lässt, dass man in (1) das Glied $\alpha\zeta_2$, und in (2) das Glied $\alpha\zeta_1$ aufnimmt, beide mit demselben von der magnetischen Kraft herrührenden Koefficienten α.

Die Gleichungen sind dann

$$\zeta_1 + \alpha\zeta_2 + b\frac{d^2\zeta_1}{dt^2} = 0$$

$$\zeta_2 + \alpha\zeta_1 + b\frac{d^2\zeta_2}{dt^2} = 0.$$

Man kann denselben genügen, einmal indem man $\zeta_2 = \zeta_1$ setzt, und dann mittels der Annahme $\zeta_2 = -\zeta_1$. Die Schwingungsdauer wird in diesen Fällen

$$2\pi\sqrt{\frac{b}{1+\alpha}} \text{ und } 2\pi\sqrt{\frac{b}{1-\alpha}},$$

oder, wenn α sehr klein ist,

$$2\pi(1-\tfrac{1}{2}\alpha)\sqrt{b} + \text{ und } 2\pi(1+\tfrac{1}{2}\alpha)\sqrt{b}.$$

Dies wären die den mittleren Komponenten des Cornuschen Quadruplets entsprechenden Perioden.

Auf Versuche, die Erklärung auf gewisse Annahmen über den Bau der leuchtenden Teilchen zurückzuführen, werde ich nicht eingehen. Jedenfalls liessen sich derartige Versuche leichter an die obigen Formeln als an die Gleichungen der Voigtschen Theorie anknüpfen.

Leiden, August 1899.

(Eingegangen 4. Septbr. 1899.)

[1]) Voigt, Wied. Ann. Bd. 68, S. 352.

Über eigentümliche spirale Sprungfiguren in Hühnereiweiss, welches auf einer festen Unterlage eingetrocknet ist.

Von L. Rhumbler in Göttingen.

Lässt man eine 1—4 mm hohe Schicht von Hühnereiweiss auf Glas, Porzellan oder sonst einer festen Unterlage bei nicht zu feuchtem Wetter eintrocknen, so zerspringt nach ca. 20—30 Stunden das Eiweiss zunächst in kleine polygonale Schollen von etwa 0,5—4 mm Durchmesser. Die Risskanten der Schollen haben dabei das Bestreben, sich mit ihren zusammentreffenden Enden senkrecht zu einander zu stellen (Fig. 1 u. 2). Ähnliche Risse lassen sich auch bei anderen eingetrockneten Kolloïden, z. B. eingetrocknetem Leim, Gummi arabicum, Kanadabalsam und dergl. nachweisen. Was aber die Eiweissschollen besonders auszeichnet, ist die Eigentümlichkeit, dass in jeder derselben meist an irgend beliebiger excentrischer Stelle, seltener im Centrum, eine Risslinie auftritt, die oftmals eine geradezu unglaublich exakt ausgeführte, bald rechts, bald links gewundene Spirale von 3—6 Umgängen und etwa 0,3—3 mm Umfang darstellt. In der Regel handelt es sich dabei um Archimedische Spiralen, doch kommen auch allerlei Abweichungen und Komplikationen vor, welche in Fig. 1 zur Abbildung gekommen sind und auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Das abgebildete Schollen-Ensemble ist ausnahmsweise unregelmässig kombiniert, es reicht an die Schönheit regelmässiger Sprungstücke nicht entfernt heran, hat aber den Vorteil, verschiedene Varietäten der Spiralen vorzuführen. (Fig. 1.)

Frei aufgehängtes Eiweiss lieferte ebensowenig wie auf Quecksilber aufgelagertes Spiralfiguren beim Eintrocknen; es zersprang bloss in Schollen. Ebenso entstanden bloss Schollen

ohne Spiralfiguren, wenn das Eiweiss auf dünnem Zeitungspapier eingetrocknet wurde; das Papier wurde zu unregelmässigen Faltungen zusammen-

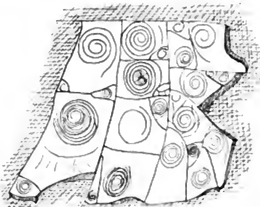


Fig. 1. Vergr.: 25/1.

gezerrt. Es ist offenbar, dass eine feste Unterlage zur Erzeugung der Spiralfiguren notwendig ist.

Ich habe nur einigemal die Entstehung der Spiralfiguren direkt beobachten können. Vor dem Auftreten der Spirale sieht man Newtonsche Farbenringe vom Schollenrande aus sich konzentrisch nach der Stelle zusammenziehen, wo später die Spirale erscheint. Beim Anhauchen weiten sich die Newtonschen Ringe auf diesem Stadium wieder aus und treten an den Schollenrand zurück, um dann beim Abtrocknen des Hauchwassers sich wieder zu kontrahieren. Offenbar hat sich der Rand der Scholle von der Unterlage abgelöst, und die Scholle haftet nur noch mit dem Teil, in welchem nunmehr die Spirale erscheint; sie kommt ruckweise in Strecken von etwa einem halben Umgang und zwar von aussen nach innen vordringend zum Vorschein. Im Innern bleibt stets eine Polscheibe übrig, die von der Spirale nicht zerlegt wird, sie misst etwa 0,1—0,3 mm und ist in der Regel um so kleiner, je mehr Umgänge die Spirale macht. Grosse Polplatten können sich in zwei Teile spalten, welche ihrerseits wieder in sich Spiralsprünge zur Ausbildung bringen können (Fig. 1, cf. 2. Scholle von oben in der mittleren Reihe), manchmal senken sich vom inneren Spiralende aus kurzgekrümmte Strahlenbüschel in die Polplatten hinein. Die unzerlegten Polplatten bleiben auch in der Folge auf dem Untergrunde haften. Auf dunkler Unterlage, z. B. auf der Gelatineseite eines photographischen Negativs aufgetrocknetes Eiweiss lässt die Polplatten schwarz durchscheinen, während der übrige Schollenteil mit der Spirale einen grauen Anflug aufweist; im grauen Gebiet ist offenbar Luft zwischen Eiweiss und Platte eingetreten. Das Centrum der Spirale, die Polplatte also, ist weich elastisch, die Schollenränder scheinen härter; ein seitlicher sachter Druck gegen den Schollenrand bringt die Scholle zu einer allerdings nur sehr geringfügigen Drehung um die Polplatte; die Scholle kehrt in ihre alte Lage zurück, wenn der seitliche Druck aufhört. Bei stärkerem Drucke springt die Scholle von ihrer Unterlage ab und hinterlässt dann eine äusserst feinlinige Spirale von hängengebliebenem Eiweiss auf der Glasplatte; ausser der Polplatte haftete demnach auch der Rand der Spirale auf der Unterlage fest.

Mengt man dem Eiweiss, bevor man es eintrocknen lässt, schon vorher erstarrte Eiweissstückchen bei, die man, um sie kenntlicher zu machen, mit Hämatoxylin gefärbt hat, so lassen sich die Spiralrisse von diesen durch die Färbung deutlich bleibenden Einlagerungen nicht im geringsten von ihrem normalen Verlaufe abdrängen; sie laufen durch diese dunkelgefärbten Eiweissstückchen gerade so hindurch, als ob diese von Anfang an zu dem eingetrockneten Eiweiss gehört hätten; auch gegen sonstige Einlagerungen verhielten sich die Spiralen erstaunlich tolerant, sie liessen sich durch die Kryställchen der verschiedenartigsten Lösungen, die vorher auf der Glasunterlage zur Ausfällung gebracht worden waren, ebensowenig stören, wie von Luftbläschen, die zufällig in dem Eiweiss enthalten waren, vorausgesetzt natürlich, dass diese Fremdgebilde an Grösse nicht die Ganghöhe der Spiralen überschritten.

Um so auffälliger war es mir, als ich einmal auf einer Glasscheibe, welche sich durch einen matt irisierenden, durch Reiben mit dem Handtuch nicht zu entfernenden Schein [1]) auf der Oberfläche auszeichnete, anfänglich überhaupt keine Spiralen, sondern wohl die Schollen mit den auf der Unterlage festgehefteten Polscheibchen, aber statt der Spiralen gerade, strahlenförmig nach der Polplatte hingerichtete Hohlraumsysteme erhielt (Fig. 2).

Für Biologen, die sich wie ich mit entwickelungsmechanischen Problemen befassen, ist die aus dem vorstehenden hervorgehende Thatsache interessant, dass schon durch offenbar relativ sehr einfache Spannungen auch in nicht lebenden, und nicht weiter durch Substanzdifferenzen komplizierten Stoffen Formgestalten von so hoher Vollendung erzeugt werden können, wie sie die Sprungspiralen in getrocknetem Eiweiss bei gutem Gelingen vorführen; und zweitens, dass, wie die Versuche auf der irisierenden Glasplatte zeigen, unter Umständen gewisse, augenscheinlich sehr geringe

1) Herkunft und Ursache des Irisierens konnte nicht ermittelt werden.

Veränderungen ausreichen, den Erfolg der Spannungen zu verändern; während er sich anderen Störungen gegenüber als sehr widerstandsfähig erweisen kann.



Fig. 2. Vergr. 25/1.

In der Litteratur fand ich nur bei **Bütschli**[1]) folgende Mitteilung: „In filtriertem, mit einer ca. 2% Stärkelösung versetztem Hühnereiweiss (doch kann die Stärke auch wegbleiben) liess sich in den Schollen, welche nach der Eintrocknung entstanden waren, ein dichtes System konzentrierter Sprünge, teils ganz völlige Kreise, teils unvollständige wahrnehmen; zuweilen schienen die Sprünge sogar etwas spiralartig". **Bütschli** scheint demnach in seiner Lösung vollausgebildete Spiralen überhaupt nicht erhalten zu haben, während ich in unverdünntem Eiweiss keine konzentrischen Ringe, sondern stets unzweifelhafte Spiralen erhielt.

Zweifellos entstehen die Sprungspiralen durch die Kontraktion des austrocknenden Eiweisses, die an der Festheftungsstelle der Polplatte auf der Unterlage einen festen Stützpunkt erhält. „Aber wie?" das ist eine Frage, um deren Beantwortung ich Physiker vom Fach hiermit bitten möchte. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass die Mikrostruktur des Eiweisses beim Zustandekommen der Spiralen eine Rolle spielen wird; die Mikrostruktur ist nach **Bütschli** eine „wabige"; das verdunstende Wasser ist innerhalb des Eiweisses in kleinen (unter 1 μ im Durchmesser grossen) Tröpfchen enthalten, welche von dem festeren Eiweiss wie von Schaumwänden umschlossen werden.

Göttingen, 1. September 1899.

(Eingegangen 2. Septbr. 1899.)

1) **Bütschli**, O., Untersuchungen über Strukturen, insbesondere über Strukturen nichtzelliger Erzeugnisse des Organismus. Leipzig 1898; dazu ein Atlas mit Mikrophotographien.

Nachtrag zu meinem Aufsatz „Über Radium und Polonium".

Von F. **Giesel**.[1])

Becquerelstrahlen sind auch dem Auge direkt sichtbar. Bringt man ein starkes Radiumpräparat dicht an das Auge, so empfindet man einen sehr deutlichen Lichtschein, der natürlich auch noch empfunden wird, wenn man die Augenlider schliesst. Diese Lichtempfindung beruht wahrscheinlich auf Phosphorescenzerscheinungen im Auge selbst.

(Eingegangen 7. Septbr. 1899.)

1) Vgl. Physik. Ztschr. I, 1, p. 16.

VORTRÄGE ETC.

Physikalische Analyse und künstliche Nachahmung des Chemotropismus amoeboider Zellen.[1])

Von L. **Rhumbler** in Göttingen.

Als „Chemotropismus" bezeichnet man die Eigentümlichkeit vieler in einem flüssigen Medium (meist Wasser) freilebender Zellen, die Richtung ihrer Bewegung entweder in anziehendem oder abstossendem Sinne von gewissen in das Medium hineingebrachten löslichen Substanzen gesetzmässig beeinflussen zu lassen. Von positivem Chemotropismus redet man dann, wenn sich die Zellen auf die gelöste Substanz, die als Chemotropikum bezeichnet wird, hinbewegen, von negativem Chemotropismus dann, wenn die Zellen von der Stelle, an welchen das Chemotropikum eingeführt worden ist, abwandern. Der Chemotropismus wurde zuerst von **Pfeffer** an den Samenfäden der Farne entdeckt, er ist dann aber auch bei anderen freien Zellen und so auch bei amoeboiden Zellen[2]) als eine

1) Vortrag, gehalten in der Sitzung des „naturwissenschaftlich-medizinischen Abend" zu Göttingen, März 1899.

2) Als amoeboide Zellen bezeichnet man bekanntlich solche Zellen, die nackt, ohne Zellmembran, ein einfaches Protoplasmaklümpchen mit Kern darstellend, sich unter fliessender Strömung des Protoplasmas fortbewegen, und dabei ihre Form verändern, indem Fortsätze (= Pseudopodien) aus dem Zellleib hervorströmen und wieder eingezogen werden.

weit verbreitete Erscheinung nachgewiesen worden. Wir gehen nur auf den Chemotropismus der amoeboiden Zellen hier näher ein, weil er die einfachsten Verhältnisse darbietet und deshalb einer physikalisch mechanischen Erklärung am zugänglichsten ist; dass sich der Chemotropismus anderer Zellen dann von dem der amoeboiden Zellen, wie Verworn und J. Loeb schon gezeigt haben, ableiten lässt, mag hier nur bemerkt werden.

Bei Aufsuchung der Nahrung spielt der Chemotropismus unter den einzelligen Organismen eine wichtige Rolle. Besonderes Interesse verdient, dass Leber, Massart, Metschnikoff, Buchner und andere auch an den Leukocyten, d. i. den weissen Blutkörperchen der Wirbeltiere, chemotropische Eigenschaften festgestellt haben. Diese gleichfalls amoeboiden Zellen häufen sich nämlich durch Chemotropismus angezogen an denjenigen Stellen des Körpers in Scharen an, wo Bakterien ihre schädlichen, chemotropisch wirksamen Stoffwechselprodukte, Toxine, abgeschieden haben. Metschnikoff hat festgestellt, dass die zugewanderten Leukocyten in gewissen Fällen die Bakterien fressen und dadurch in den weiteren Verlauf der Infektion thätig eingreifen. Ist die Infektion nicht zu stark, so können die Leukocyten die Wirkung der Infektion sistieren.

Füllt man ein kurzes Kapillarröhrchen mit einer Kultur des eitererregenden Staphylococcus pyogenes albus und legt man es, nachdem es am einen Ende zugeschmolzen worden ist, in die Bauchhöhle oder unter die Haut eines Kaninchens, so findet man nach 10—12 Stunden, wie Massart gezeigt hat, dass ein dichter Schwarm von Leukocyten in das Kapillarröhrchen eingedrungen ist und wie ein dicker weisser Pfropf die Mündung des Röhrchens verschliesst. Ein gleiches Kapillarröhrchen, welches Kulturflüssigkeit, aber keine Staphylokokken enthält, bringt diesen Effekt nicht hervor, ebensowenig wie ein mit destilliertem Wasser gefülltes Röhrchen; dagegen erhält man genau dieselbe Einwanderung, wenn man eine sterilisierte, von den Bakterienleibern des Staphylococcus vollständig befreite Kulturflüssigkeit zum Versuch verwendet, in der sich also die gelösten Stoffwechselprodukte des Eiterbacillus befinden.

Es steht hiernach fest, dass nicht die Staphylokokken an sich, noch das Substrat, in dem sie gezüchtet sind, noch die Kapillarröhre, sondern ausschliesslich die Abscheidungsprodukte der Bakterien die Einwanderung der Leukocyten in die Kapillarröhre veranlassen. Ähnliche Resultate hat man auch bereits mit einer Reihe anderer pathogener Bakterien erzielt, und es steht unbedingt zu erwarten, dass die Pathologie auf dem Gebiete des Chemotropismus noch manche Aufklärung für den Verlauf der Infektionskrankheiten finden wird. Im übrigen erweisen sich nicht bloss die Abscheidungsprodukte von Bakterien den weissen Blutkörperchen gegenüber als chemotropisch wirksam, auch eine ganze Reihe von anderen Stoffen, mit denen die Leukocyten normalerweise nie zusammenkommen, z. B. aus Weizen- und Erbsen- mehlbrei austretende Substanzen, haben die gleiche Eigenschaft; die beispielsweise genannten Substanzen sogar in hohem Grade. Bei anderen einzelligen Organismen hat man sogar beobachtet, dass auch Gifte chemotropisch anziehend wirken können, wie salicylsaures Natron, salpetersaures Strychnin oder Morphium, in denen die Organismen absterben, sobald sie nach ihnen hingewandert sind; es liegt hier offenbar ein mechanischer Wanderungszwang, nicht das Produkt irgendwelchen Willens vor.

Man hat bekanntlich versucht, die amoeboiden Zellbewegungen einer rein physikalischen Erklärung zu unterwerfen, und es entsteht die Frage, ob auch die einseitigen Richtungsbewegungen des Chemotropismus sich einer physikalischen Erklärung unterordnen lassen.

Die physikalischen Erklärungen der Amoebenbewegung gehen von der Erkenntnis aus, dass die fliessenden Strömungen im Innern des Protoplasmas und bei der Pseudopodienbildung einer amoeboiden Zelle auf einen flüssigen Zustand des Protoplasmas hinweisen. Ist das Protoplasma aber eine Flüssigkeit, so fallen seine Leistungen unter die Gesetze der Hydromechanik. Die Oberfläche der Amoebe oder des Leukocyten, aus welcher die Pseudopodien als fliessende Fortsätze hervorbrechen, muss wie die Oberfläche jedes anderen in einem flüssigen Medium ruhenden Flüssigkeitstropfens eine gewisse Oberflächenspannung besitzen.

Ein mit seinem umgebenden Medium nicht mischbarer Flüssigkeitstropfen strebt unter dem Einfluss der Oberflächenspannung nach Kugelform; die amoeboiden Zellen zeigen die Kugelform nur in der Ruhelage, während der Bewegungen wird die Kugelform verlassen und die Oberfläche nimmt dann sehr variabele, auch bei den einzelnen Arten sehr verschiedene Formen an. Es fragt sich daher zunächst, wie ein kugeliger Tropfen veranlasst werden kann, seine kugelige Form aufzugeben und unter Oberflächenvergrösserung Fortsätze aus sich hervortreten zu lassen. Das kann bekanntlich nach den Untersuchungen von Gad, dann vornehmlich von Quincke, von O. Lehmann und von Bütschli, Roux und Verworn dadurch geschehen, dass man an einer gewissen Stelle der Tropfenoberfläche die Oberflächenspannung herabmindert. Eine solche lokal beschränkte Herabminderung der Oberflächenspannung muss selbstredend ein Vorfliessen der Oberflächenstelle bewirken, an welcher die Herabminderung stattfand, denn

die Innenmasse des Tropfens steht unter dem Druck der Oberfläche, sie muss da hervorquellen, wo der Druck der Oberfläche aus irgend welchem Grunde schwächer geworden ist. Eine lokale Oberflächenspannungserniedrigung lässt sich sowohl vom äusseren Medium aus erzielen, indem man die die Oberflächenspannung herabmindernden Substanzen auf einem beschränkten Gebiet zur Tropfenoberfläche herantreten lässt, oder sie kann auch dadurch eintreten, dass Substanzen aus dem Tropfen selbst auf dessen Oberfläche steigen, und hier die Oberflächenspannung lokal herabmindern, z. B. wenn die aufgestiegenen Substanzen eine grössere Adhäsion zum umgebenden Medium besitzen als die Tropfenmasse. Bringt man an einen Öltropfen, der in Alkoholmischung equilibriert ist, vermittelst eines Kapillarröhrchens eine schwache Sodalösung heran, so beugt sich die Oberfläche des Öltropfens gegen die Sodalösung vor, an der gegenseitigen Berührungsfläche von Öl und Sodalösung tritt Verseifung des Öls ein, und die verseifte Oberflächenstelle hat geringere Oberflächenspannung als die nicht verseifte Öloberfläche; andererseits hat Bütschli in Wasser oder verdünntem Glycerin liegende kleine Tröpfchen einer Ölseifenemulsion sechs Tage lang amoebenartige Bewegungen ausführen sehen, die dadurch erklärt werden mussten, dass kleine Seifentröpfchen zur Öloberfläche des Emulsionstropfens emporstiegen und an der Aufsteigstelle unter Ausbreitung der Seife die Oberflächenspannung herabminderten. Bei diesen Versuchen ist von besonderem Interesse, dass nicht nur die äusseren Formveränderungen der Tropfen denen von amoeboiden Zellen ausserordentlich gleichen, sondern dass auch die Strömungen, die hier wie dort in den Amoeben sowohl als in den Tropfen, während der Formveränderung im Innern entstehen, in Anordnung und Verlauf genau übereinstimmen. Die Heranziehung der Oberflächenkräfte zur Erklärung der Bewegungserscheinungen hat meiner Ansicht nach aber noch dadurch eine grössere Berechtigung gewonnen, dass es möglich war, nicht nur die Bewegungserscheinungen selbst, sondern auch die Nahrungsaufnahme der Amoeben, die dadurch stattfindet, dass die Amoebe den Nahrungskörper umfliesst oder dass der Nahrungskörper selbst bei Berührung mit der Amoebenoberfläche in das Amoeben-Innere einrückt, und ferner auch die Defäkation, und schliesslich sogar besondere Gehäusebildungen, welche bei einzelnen freilebenden Amoeben zur Beobachtung kommen, auf Grund derselben Oberflächenkräfte in einfachster Weise zu erklären und die genannten Erscheinungen mit frappanter Treue vermittelst künstlicher Tropfen zu kopieren (cf. meinen diesbezüglichen Aufsatz im Archiv für Entwickelungsmechanik Bd. VII, 1898, S. 103—350, 100 Textfig. und photogr. Taf. VI u. VII).

Wenn sich, wie hervorgehoben, durch einseitige Wirkung gewisser Reagentien Tropfen zum Vorrecken nach der Seite der Reagenz bringen lassen, so wird man vermuten dürfen, dass bei dem Chemotropismus ähnliche Geschehnisse eintreten.

Ich operierte mit kleinen Ricinusöltröpfchen, die ich aus einer Kapillarpipette unter Hin- und Herbewegen der Pipette in 80 proz. Alkohol hineinschleuderte. Der Alkohol war als äusseres Medium deshalb nötig, um durch sein geringeres spezifisches Gewicht den Tropfen das Untersinken auf die untere Wand des Glasgefässes zu ermöglichen, auf welcher sie die zu ihrer Bewegung notwendige Reibung finden sollten. Als Chemotropika mussten nunmehr bei dem Nachahmungsversuch solche Substanzen zur Verwendung kommen, die bei Berührung mit den Öloberflächen die Oberflächenspannung derselben direkt oder indirekt (d. h. durch Erzeugung von neuen Substanzen von geringerer Spannung) herabminderten. Ich verwendete Nelkenöl, Chloroform oder 5 proz. Kalilauge mit ziemlich gleichem Erfolg. Diese Substanzen wurden in Kapillarröhrchen eingeschlossen, die an ihrem hinteren Ende zugeschmolzen waren, es wurde also ganz wie bei dem oben genannten Leukocytenversuch d. h. nach dem bei chemotropischen Untersuchungen überhaupt üblichen, von W. Pfeffer herstammenden Verfahren vorgegangen.

Wie erwartet werden musste, bewegten sich thatsächlich die kleinen Ricinusöltröpfchen auf die Kapillarröhren zu und traten in dieselben mehr oder weniger weit hinein; auch der Chemotropismus amoeboider Zellen ist also physikalisch auf Grund der Oberflächenspannungsgesetze erklärbar und lässt sich mit Hilfe unorganisierter Flüssigkeiten nachahmen. Über die Grössenverhältnisse mögen folgende Angaben Auskunft geben. Die Mündungsweite der Kapillarröhre betrug in der Regel etwa 0,2—0,3 mm. Die Ricinusöltröpfchen hatten einen Durchmesser von 0,06—0,09 mm, die gemessenen Entfernungen auf welche die Tröpfchen wirkten, betrugen 0,5—0,7 mm; grössere Entfernungen, die meiner Überzeugung nach vorkamen, konnten leider nicht gemessen werden, weil sie nicht unter das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht werden konnten.

Vor dem Anwandern zur Röhre und während desselben machten sich in den Ricinusöltröpfchen, die vorher mit Russ vermengt worden waren, nach der Kapillarröhre hingewendete Fontänenströmungen durch die im Innern bewegten Russteilchen deutlich bemerkbar, gerade wie bei einer Amoebe, die sich in geradläufige Vorwärts-

bewegung versetzt.[1]) Die Strömungen innerhalb des Alkohols und in dem Chemotaktikum wurden dadurch unter Kontrolle gehalten, dass dem Alkohol minutiös fein verriebenes Karmin, dem Chemotaktikum aber ebenso fein verriebener Indigo zugesetzt worden war. Die Alkoholschicht muss in dem Beobachtungsgefäss[2]) mindestens 5—8 mm hoch stehen, je nach dem Durchmesser des Gefässes, weil sonst die Verdunstungsströmungen der Oberfläche bis auf den Grund hinabreichen, und dort die selbstthätige Bewegung der Öltröpfchen stören. Verwendet man als Chemotropikum Nelkenöl, welches viel schwerer als Alkohol ist, so wird recht klar, was im übrigen auch sonst die anderen wechselnden Bewegungsrichtungen der in den genannten Flüssigkeiten aufgeschwemmten Farbstoffteilchen beweisen, dass die Bewegungen der Öltröpfchen keine passiven, durch die Ströme im Alkohol verursachten sind, denn das schwere Nelkenöl sinkt bei seiner Verbreitung im Alkohol zu Boden und strömt hier den anwandernden Tröpfchen entgegen, wie man deutlich sehen kann; die Tröpfchen haben wider diesen Gegenstrom anzukämpfen, aber sie besiegen ihn mit Leichtigkeit. Im Anfang ist ihre Bewegung sehr langsam, sie wird immer schneller, bis sie dann schliesslich sehr rasch in die Röhre hineintreten; ihre kugelige Form verlassen die wandernden Tröpfchen dabei kaum; die Spannungsdifferenz in der Oberfläche, welche das Einwandern veranlasst, kann wohl demnach nicht sehr gross sein, sie giebt nicht zu namhaften Deformationen des Tropfens Anlass.

Die Erklärung der geschilderten Erscheinung dürfte sehr einfach liegen. Das Chemotaktikum bewirkt eine Herabminderung der Oberflächenspannung auf der der Kapillarröhre also dem Chemotaktikum zugewendeten Seite; die übrige Öloberfläche drückt daher die gesamte Ölmasse nach der Seite des Chemotropikums hin; je weiter die Ölmasse gegen das Chemotaktikum vorgedrückt wird, in desto nelkenölreichere Gebiete gerät der vorgedrückte Oberflächenteil und desto stärker wird natürlich die Spannungserniedrigung. Da nun hierbei am Vorderende immer neue Ölmasse aus dem Inneren des Tropfens auf die Oberfläche gepresst werden muss (während andererseits am entgegengesetzten, also bei der Bewegung hinteren Ende des Tropfens, Ölmasse von der Oberfläche des Tropfens in das Innere desselben zurücktritt, wie man deutlich sieht, und wie es ganz den Strömungen bei Amoeben entspricht) so hört die Spannungserniedrigung und damit das Wandern der Tropfen so lange nicht auf, als noch in dem Alkohol eine Konzentrationssteigerung des Chemotropikums nach der Kapillarröhre hin vorhanden ist. Wenn sich das Nelkenöl später gleichmässig im Alkohol verteilt hat, findet natürlich keine Einwanderung in die Röhre mehr statt, sonst aber kommt sie erst dann zu Ende, wenn die Ricinuströpfchen im Nelkenöl selbst innerhalb der Kapillarröhre angekommen sind, denn dann wird ihre Oberfläche von allen Seiten in gleicher Weise beeinflusst.[3]) Was man bei dem Chemotropismus der amoeboiden Zellen schon längere Zeit als Gesetz erkannt hat, gilt auch hier: das Chemotropikum ist nur dann wirksam, wenn es in einem Konzentrationsgefälle an die Oberfläche des Tropfens anschlägt.

Hätte man eine Substanz als Chemotropikum in die Röhre eingeschlossen, welche beim Auftreffen auf die Tropfenoberfläche, die Oberflächenspannung des Tropfens nicht verringerte, sondern vermehrte, so wäre ohne Zweifel der Tropfen abgewandert und man hätte eine Kopie des negativen Chemotropismus erhalten.

Die künstlichen Nachahmungen involvieren natürlich von der mechanischen Koordination aus keinerlei Schlusse für die chemischen Vorgänge, welche sich innerhalb der lebenden Zelle abspielen, sie zeigen nur, dass bei ständiger einseitiger Herabminderung der Oberflächenspannung der amoeboiden Zelle durch das Chemotropikum, nicht nur das Hinwandern der Zellen, sondern auch die dabei im Zellinnern entstehenden Strömungen mechanisch erklärt werden. Bei den lebenden Zellen kann schon ein ausserordentlich erstaunlich geringer Konzentrationsgrad des Chemotropikums wirken; so werden z. B. Farnsamenfäden schon von einer 0,001 proz. Apfelsäure angezogen. Das lässt darauf schliessen, dass das Chemotaktikum die zur Erniedrigung der Oberflächenspannung notwendige Umwandlung bei lebenden Zellen nicht in vollem Umfange allein bewirkt, sondern dass es bloss den Anstoss zu den geeigneten, die Oberflächenspannung erniedrigenden Umsetzungen giebt. Dass ein Organismus auf einen äusseren Einfluss nur dann reagieren kann, wenn dieser Einfluss irgendwelche Umänderungen in dem Organismus hervorbringt, ist klar; sonst könnte man ja überhaupt nicht von Einfluss reden. Die Reaktionsfähigkeit von chemisch komplizierten Substanzen wird um so grösser sein, je labiler, je geneigter zu Umsetzungen die zur Komplikation zusammenge-

1) Die Russteilchen legten sich im Verlaufe des Versuchs am Hinterende des Tropfens zu einer dichten Russdecke zusammen.

2) Als Beobachtungsgefäss wurde ein auf sein Dach gestürzter Glasdosendeckel mit ca. 1 cm hohem Rand benutzt um den Boden auszuebnen, wurde eine plane Glasscheibe eingelegt. Luftbläschen, welche bei der Einfüllung des Alkoholes zwischen dem Planglase und dem Deckel in der Regel eingeschlossen wurden, dienten als Libelle, damit nicht Neigung des Bodens den Weg der Tröpfchen beeinflusste.

3) Im Nelkenöl angekommen, lösen sich die Ricinusöltröpfchen schliesslich auf; ebenso in Chloroform, in 5 proz. KHO aber nicht.

tretenen Einzelsubstanzen sind. Die lebenden organischen Substanzen enthalten zweifellos zahlreiche, sehr labil gebaute Stoffe und unterscheiden sich hierdurch sehr wesentlich von den zu den künstlichen Nachahmungen verwendeten Stoffgemengen. Bei den organischen Substanzen müssen chemisch-physikalische Umänderungen der Oberflächensubstanzen also viel leichter mit viel geringeren Eingriffen erreichbar sein als bei den Nachahmungssubstanzen. Was die letzteren bei unseren Versuchen fertig brachten, dazu müssen notwendig die lebenden Zellen noch in höherem Grade befähigt sein.

(Eingegangen 2. Septbr. 1899.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

J. Klemenčič (Innsbruck), Ein Versuch über das Mitschwingen, nach Boltzmann.

Auf der Stange eines physischen Pendels ist nahe an der Umdrehungsachse ein Stift horizontal und senkrecht zur Schwingungsebene befestigt. Das physische Pendel habe die Schwingungszahl 1. Werden an diesem Stifte verschiedene einfache Pendel von den Schwingungszahlen 1, 2, 3 u. s. w. angehängt, so wird durch die Schwingungen des physischen Pendels nur das einfache Pendel mit der Schwingungszahl 1 zum Mitschwingen gebracht. Jedes andere Pendel, mag es welche Länge immer haben, bleibt ruhig. Lässt man jedoch den Stift ein um eine eigene Achse drehbares Dreieck antreiben, dann haben die Punkte des Dreiecks eine periodische Bewegung, die aber keine einfache Pendelschwingung ist. Hängt man jetzt unsere einfachen Pendel an einen Punkt des Dreiecks, so werden neben dem längsten Pendel (Grundton) noch andere (Obertöne) zum Mitschwingen angeregt. Bei symmetrischem Antriebe des Dreiecks geht z. B. neben dem längsten Pendel noch das Pendel mit der dreifachen Schwingungszahl ($^1/_9$ Länge des Grundtones) mit, während das einfache Pendel mit der Schwingungszahl 2 ruhig bleibt. Bei asymmetrischem Antriebe können sogar alle drei Pendel zum Mitschwingen gebracht werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

E. Englisch (Stuttgart), Über den zeitlichen Verlauf der durch das Licht verursachten chemischen Veränderungen der Bromsilbergelatine.

Der Vortrag bildet eine Ergänzung zu einer früheren Untersuchung des Vortragenden, die die Richtigkeit der Angaben Abneys über die geringere Wirksamkeit intermittierender Belichtungen gegenüber gleichlangen ununterbrochenen Expositionen ergeben hatte. (Verh. Ges. d. Naturf. u. Ärzte, Düsseldorf, 1898. II. 1. 171, 1899; Archiv wiss. Phot. I. 117, 1899). Die geringere Wirkung war auf einen Energieverlust durch Induktion und einen solchen durch „Abklingen" zurückgeführt worden. Die neueren Versuche sollten näheres über das Verhältnis beider Faktoren ermitteln; die Versuchsanordnung ist bereits beschrieben (Archiv l. c.), nur wurde diesmal eine Scheinerlampe mit Amylacetatfüllung als Lichtquelle benutzt, deren Helligkeitsbestimmung noch aussteht.

Es ergaben sich folgende Sätze:

Die Kurve, welche den Abklingungsverlust a als Funktion der Nichtbelichtungszeit τ darstellt, verlauft bis $t = 0{,}08$ konvex gegen die Zeitaxe; $\frac{da}{d\tau}$ ist keine Konstante, sondern wächst mit τ. Jedoch deuten die Abklingungsverluste bei längeren Pausen darauf hin, dass etwa zwischen 0,1 und 0,2 Sek. ein Wendepunkt der Kurve $a = f(\tau)$ eintritt.

Der Induktionsverlust i ist um so grösser, je grösser der Abklingungsverlust war, jedoch diesem keineswegs proportional. Für sehr kurze Pausen wird $i = a$; von $\tau = 0{,}001$ an ist aber i stets kleiner als a und nähert sich endlich einem Grenzwert. Zur Erklärung dieses auffälligen und unerwarteten Verhaltens müssen sekundäre Vorgänge in der lichtempfindlichen Schicht angenommen werden.

Zahlen, gültig für Schäuffelensches Universal-Bromsilberpapier, bei 1 m Abstand der vorerwähnten Lampe in Sekunden-Meter-Kerzen dieser Lichtquelle:

Pause τ Sek.	Abklingungsverlust α	Induktionsverlust i
0,03	10^{-4}. 2,5	10^{-4}. 2
0,05	5,8	4
0,08	11	8
0,10	15	10
0,20	21	13
0,40	26	16

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

J. Precht (Heidelberg), Die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen.

Für das Leuchten der Fluorescenzschirme ist durch Röntgen selbst die Abnahme der Strahlung mit dem Quadrat der Enfernung erwiesen worden. Es wurde trotz der vielen entgegenstehenden Schwierigkeiten unternommen, das Gesetz der Abnahme der photographischen Wirkung aufzusuchen. Die erste Bedingung der Versuche, eine konstante Strahlungsquelle, liess sich durch eine Röhre mit automatischer Vakuumregulierung von 3 cm Elektrodenspannung im Nebenschluss bei Betrieb durch eine 20-plattige Töplermaschine von konstanter Tourenzahl dann erreichen, wenn von der mit der Zeit variabeln Strahlung der Röhre nur eine erfahrungsgemäss konstante Periode von etwa 10 Minuten Dauer benutzt wurde. Während dieser durch bestimmte Merkmale erkennbaren Periode kamen sehr selten Schwankungen der Intensität von mehr als 8% vor. Es sind photographische Aufnahmen in 20, 40 und 60 cm Abstand des Mittelpunkts der Antikathode von der empfindlichen Schicht gemacht worden, die also im Falle der Gültigkeit der Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung Intensitäten von 1, $1/4$ und $1/9$ entsprechen. Die Expositionszeiten sind so abgegrenzt, dass die Produkte $i.t$ für alle drei Abstände gleich waren und der Grösse nach zwischen 1 und 100 der gewählten Einheiten variierten. Die nicht bestrahlten Teile der mässig empfindlichen photographischen Platten (12 Scheiner) waren durch 4,5 cm dicke Metallmassen vor jeder Einwirkung geschützt; von der Gesamtstrahlung wurde ein centraler Teil von sehr kleiner Winkelöffnung herausgeblendet. Die technisch-photographische Behandlung ist mit Beobachtung derjenigen Vorsichtsmassregeln vorgenommen, die bei der Verwertung der erhaltenen Silberniederschläge für exakte Messungen notwendig sind und vom Vortragenden an anderer Stelle[1]) ausführlich dargelegt wurden. Die Dichtigkeiten der Silberniederschläge sind in einem Mikrophotometer unter Benutzung des Lummer-Brodhunschen Prismenkörpers gemessen worden. Es ergab sich, dass in der That gleichen Produkten aus Intensität und Expositionszeit gleiche Schwärzungen entsprechen und zwar mit grösserer Übereinstimmung der Resultate, als erwartet werden konnte. Nur bei 60 cm Abstand zeigen sich geringe systematische Abweichungen im Sinne einer kleineren Wirkung, die wahrscheinlich auf den beträchtlicheren Einfluss der Absorption der Strahlen in der Luft zurückzuführen ist.

Kann einerseits aus diesen Resultaten gefolgert werden, dass die chemische Wirkung der Strahlen in den angegebenen Grenzen sehr nahezu mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, so ist doch andererseits bei konstanter Intensität die chemische Wirkung durchaus nicht der Zeit proportional. Man hat wohl zu unterscheiden zwischen dem, was eine Eigenschaft der Strahlen ist, und dem, was das Verhalten der Bromsilbergelatine in den Strahlen charakterisiert. In letzterer Beziehung ergiebt sich, dass die chemische Wirkung schnell bis zu einem Maximum fortschreitet und sich dann im Laufe sehr langer Zeiten nur noch ganz unbedeutend ändert. Für die Theorie der radiolytischen Umwandlung scheint hieraus mit Notwendigkeit zu folgen, dass es sich nicht um eine direkte chemische Veränderung des Bromsilbers handeln kann.

Die ausführliche Mitteilung der Resultate erfolgt im „Archiv f. wiss. Phot.".

1) Archiv f. wiss. Phot. I, pag. 11, 57, 149. 1899.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

Briefkasten.

Auf Frage 1) p. 35 ist folgende Antwort eingegangen.

Man giesst auf das Gitter etwas Ammoniak und wischt denselben parallel den Furchen mit einem möglichst weichen Leinwandlappen wieder ab. Ich habe so schon zahlreiche Gitter gereinigt; eins, welches seit 10 Jahren in meinem Besitze ist, wohl schon 5 Male. Prof. Dr. Kayser (Bonn).

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. 21. October 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).

No. 2. Luigi Puccianti, Über die Absorptionsspektren der Kohlenstoffverbindungen im Ultrarot.

(Vorläufige Mitteilung.)

In vorliegender Mitteilung berichte ich über einige Resultate einer experimentellen Arbeit, die ich noch unter Händen habe und welche die Absorptionsspektren der Kohlenstoffverbindungen mit Rücksicht auf deren chemische Konstitution betrifft.

Aus den Arbeiten von W. H. Julius,[1] Ch. Friedel,[2] R. Zsigmondy,[3] B. Donat[4] über die Absorption der ultraroten Strahlen durch Flüssigkeiten, und zwar fast ausschliesslich organische Flüssigkeiten, ist mit Sicherheit zu entnehmen, dass die Absorption in erster Linie von den Atomgruppen bedingt wird, die das Molekül bilden. Es folgt ferner, dass wahrscheinlich die Kohlenwasserstoffradikale (Metyl, Phenyl u. s. w.) einer Verbindung den Ort der Absorptionsbanden bestimmen, während die Gruppen, von denen das chemische Verhalten der Verbindung abhängt (Hydroxyl, Karbonyl, Amidogruppe u. s. w.) massgebend für die Intensität dieser Banden sind und auf deren Ort vielleicht ausserdem noch einen geringen Einfluss haben.

Die Versuche von Spring über den sichtbaren Teil des Spektrums stehen ebenfalls in gutem Einklange mit diesem Schlusse.

Zu umfassenderer Prüfung der experimentellen Grundlagen bediene ich mich folgender Methode.

1) Maandblad voor Natuurwetenschappen No. 6 Jaargang 1893 Amsterdam.
2) Wied. Ann. 55, p. 453, 1895.
3) Wied. Ann. 57, p. 639, 1896.
4) Wied. Ann. 58, p. 609, 1896.

Die Strahlen einer geeigneten Lichtquelle werden auf dem Spalte eines Spiegelspektrometers vereinigt, das Spektrometer sondert aus der Gesamtstrahlung die zu untersuchende monochromatische Strahlengattung ab; diese passiert dann das Absorptionsgefäss und fällt auf ein Torsionsradiometer, das ihre Intensität misst.

Als Lichtquelle diente mir bei den hier referierten Messungen eine gewöhliche elektrische Glühlampe. Für das Spektrometer wählte ich eine ähnliche Anordnung wie die von E. Fox Nichols[1] benutzte, will sie jedoch nicht näher beschreiben. Sie ist für derartige Versuche besonders geeignet; sie gestattet das Prisma immer beim Minimum der Ablenkung zu benutzen und den Brechungsindex, somit auch die Wellenlänge der auf das Radiometer fallenden Strahlen zu bestimmen.

Nach mannigfaltigem Herumprobieren fand ich folgende Radiometerform empfindlich und sehr zweckmässig.

Ein überaus feiner Quarzfaden trägt ein System von zwei russgeschwärzten Glimmerflügelchen und einen ganz kleinen Spiegel zur Ablesung im reflektierten Lichte. Das Ganze hängt in einem hohen schmalen flaschenförmigen Glasrecipienten, der mit zwei kleinen Fenstern versehen ist, das eine gegenüber den Flügelchen für den Eintritt der zu untersuchenden Strahlen, das andere gegenüber dem Ablesespiegelchen. Den beiden Fenstern entsprechen sodann zwei Öffnungen in einer metallischen Hülle, die den Apparat vor äusseren Strahlen schützt. Das erste Fenster ist bei vorliegenden Versuchen mit einer Glasplatte, das zweite mit einer Spiegelglasplatte verschlossen. Als Kitt diente Kanadabalsam. Die Rohrverbindungen zur Pumpe sind zu Erreich-

1) Wied. Ann. 60, p. 401, 1897.

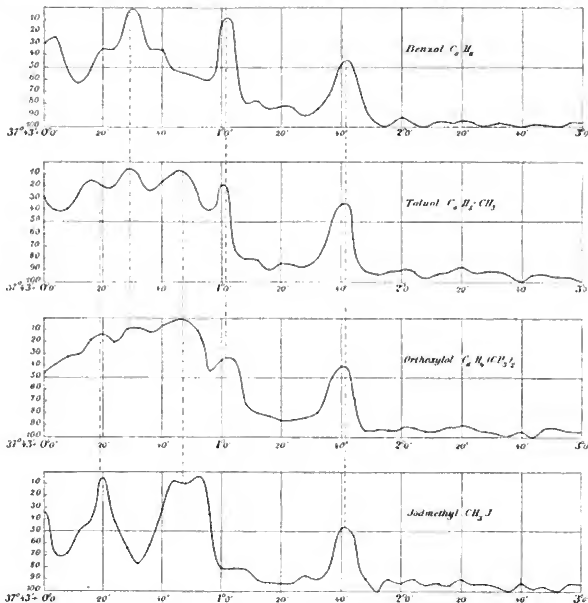
ung vollkommener Dichtigkeit mit Quecksilber bedeckt.

Unter Benutzung eines Quarzprismas von 59° 58' 30" brechendem Winkel und eines Absorptionsgefässes aus Glasplatten habe ich das ultrarote Spektrum in der Weise durchlaufen, dass ich für die verschiedenen Punkte die prozentische Durchlässigkeit der zu prüfenden Flüssigkeit bestimmt habe.

Die Resultate sind in der Figur graphisch dargestellt.

Andere Versuche, die ich früher mit Metylalkohol angestellt habe, lehren, dass diese Flüssigkeit drei Banden hat, die nahe an derselben Stelle liegen, wie die drei Banden des Jodmetyls.

Beim Betrachten der Kurven sieht man, dass das Toluol drei Absorptionsmaxima gleicher Lage zeigt wie das Benzol, von den Minimalablenkungen, 38° 13', 38° 45' und 39° 25'. Weiter hat es stärkere Absorption bei den Minimalablenkungen 38° 3', 38° 29' in Koincidenz mit den beiden starken Absorptionsbanden des Jodmetyls; letzteres Zusammentreffen kann man nicht als zufällig ansehen, wenn man bedenkt, dass Toluol eine Metylgruppe enthält. Beim Ortoxylol mit seinen zwei CH_3 im Moleküle ist die Bande mit dem Maximum an der Stelle 38° 29' stärker und verdeckt gleichsam die dem Benzol entsprechenden und etwas undeutlich bleibenden Banden.



Das Zusammenfallen des Benzolstreifens bei

$39^0\,25'$ mit dem entsprechenden des Jodmetyls muss als zufällig gelten: nicht so die Koincidenz dieses Streifens mit derselben Bande beim Toluol und Xylol.

Die Ergebnisse stehen in Einklang mit der Auffassung, dass die Absorption von den Atomgruppen abhängt, welche sich im Moleküle befinden.

No. 3. A. Battelli und A. Stefanini. Über die Messung der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen.

Zwei verschiedene Methoden haben sich für die direkte Messung der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen dargeboten.

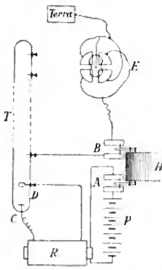
Die erste von J. J. Thomson[1]) benutzte stützt sich auf das Erscheinen der Fluorescenz an zwei Punkten des Entladungsrohres und hat die Geschwindigkeit von 200 km in der Sekunde ergeben.

Die zweite wandte Q. Maiorana[2]) an. Sie gründet sich auf das Erscheinen einer Ladung in einem Elektrometer und hat eine Geschwindigkeit zwischen 100 und 600 km sec geliefert.[3]) Diese Differenz zwischen den Resultaten der beiden Physiker nicht minder als die vollständig abweichenden Ergebnisse, die von J. J. Thomson und Lenard mittels indirekter Methoden erhalten worden sind, bei denen die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen aus ihrer Ablenkung in einem elektrostatischen oder magnetischen Felde abgeleitet wurde, haben dazu veranlasst, von neuem direkte Messungen der Geschwindigkeit anzustellen.

Wir haben eine der Maioranaschen ähnliche Methode befolgt, dabei aber den Einwand eliminiert, den diese wegen der Verspätung bietet, die zwischen dem Augenblicke liegen kann, in dem die Elektroden von den Kathodenstrahlen getroffen werden, und dem Augenblicke, wo sie das Potential erlangen, welches nötig ist, um die Entladungen in den beiden Hilfsröhrchen zu bewirken.

Passendes Reagens erschien ein Quadrantelektrometer von kleiner Kapacität, das nach und nach mit verschiedenen Sondenelektroden verbunden werden konnte, die alle auf der gleichen Seite der Kathode längs des Entladungsrohres verteilt waren. In der That, wenn eine Zeitdifferenz besteht zwischen dem Momente, in dem die Elektrode von der Ladung getroffen wird, und demjenigen, wo die Elektrometernadel auszuschlagen beginnt, so kann diese Verspätung nur abhängen von der Zeit, die verläuft, bis die Nadel ein genügendes Potential erlangt hat, um Ablenkung zu erfahren. Da nun Kapacität und Empfindlichkeit des Elektrometers konstant bleiben, so wird die Nadel jedesmal abzuweichen beginnen, sobald der mit ihr jeweilig verbundenen Elektrode von der Strahlladung die gleiche Elektricitätsmenge zugeführt ist. Nimmt die Intensität des Kathodenstrahlbündels mit wachsender Entfernung von der Kathode ab, so werden die verschiedenen Elektroden verschiedene Zeit brauchen, bis sie dieselbe Elektricitätsmenge erhalten, und nur wenn die zu Bewegung der Nadel nötige Ladung sehr klein ist, wird diese Verschiedenheit der Zeit vernachlässigt werden können. Die von uns gewählte Versuchsanordnung sucht daher das Zutreffen letzteren Umstandes zu prüfen. Es geht dies ohne Schwierigkeit. Man nimmt das Entladungsrohr recht lang und untersucht, ob die nach der angegebenen Methode bestimmte Geschwindigkeit längs des ganzen Rohres konstant bleibt oder nicht.

Die auf Grund solcher Überlegung von uns benutzte Anordnung ist die folgende.



Der Strom einer Batterie P von 7 Accumulatoren ist durch die primäre Wickelung einer Spule R und durch einen Kontakt A geführt, der von einem Mikrometer getragen wird und in vertikaler Richtung bewegt werden kann. Die Enden des sekundären Drahtes gehen zur Kathode C und zur Anode D des an eine Pumpe angeschlossenen Entladungsrohres. Die Kathode besteht aus einem Aluminiumscheibchen von 15 mm Durchmesser, die Anode aus einem Platindrahtring. Längs dem Rohre und in einem halben Meter Abstand voneinander sind verschiedene parasitäre Elektroden aus Platindraht senkrecht zur Achse des Rohres eingesetzt. Eine von diesen Elektroden steht in Verbindung mit einem Pole des Kontaktes B. Dieser Kontakt wird in gleicher Weise von einem Mikrometer getragen, und sein anderer Pol ist mit dem einen Quadrantenpaare des Elektrometers E verbunden. Das andere Quadrantenpaar und die Nadel sind zur Erde abgeleitet. Sowohl das Elektrometer als die Verbindungsdrähte werden durch mit der Erde verbundene leitende Umhüllungen vor jeder Induktionswirkung sorgfältig geschützt.

1) Phil. Mag. (5) 38, 1894.

2) N. Cimento (4) 6, p. 336, 1897.

[3) Nach einer dritten Methode ist eine direkte Geschwindigkeitsbestimmung von E. Wiechert ausgeführt worden (Gött. Nachr. 1898 math. phys. Kl. pag. 292) mit dem Resultate 40000 bis 50000 km/sec. Bem. des Übersetzers.]

Wird der Kontakt *A* plötzlich unterbrochen, so tritt Entladung im Rohre ein und die Kathodenstrahlen bringen Ladungen zu sämtlichen Elektroden, die das Rohr enthält. Öffnen wir aber nach Unterbrechung des Kontaktes *A* sodann auch den Kontakt *B*, bevor die Kathodenstrahlen die mit *B* verbundene Elektrode erreichen können, so wird die Elektrometernadel keinen Ausschlag geben. Ändert man durch Probieren das Zeitintervall zwischen Öffnung der beiden Kontakte *A* und *B*, so kann man auf diese Weise den Augenblick bestimmen, in welchem jede der Hilfselektroden die Ladung zu empfangen beginnt und damit schliesslich auch die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen messen.

In unserem Versuche musste ein ausserordentlich kleines Zeitintervall gemessen werden, da unter Annahme der von Maiorana gefundenen Kathodenstrahlgeschwindigkeit 600 km sec dem Abstande eines Meters zwischen zwei Elektroden ein Zeitraum von $^1/_{600000}$ Sekunde entsprechen würde. Für so kleine Zeiten konnte somit nicht zu den gewöhnlichen Pendelunterbrechern gegriffen werden und wir bedienten uns darum einer Scheibe von 1 m Durchmesser, die von einer Dynamo in Bewegung gesetzt wurde. Da der Motor 20 Umdrehungen in der Sekunde machen konnte, so hatten wir eine Peripheriegeschwindigkeit von ungefähr 60 m/sec, was $^1/_{1200000}$ Sekunde zu messen erlaubt, entsprechend einem Vertikalabstande von $^1/_{20}$ mm der beiden Kontakte *A* und *B*. An der Peripherie des Rades *B* sind zwei Ebonitmesser befestigt, das eine an der einen, das andere an der anderen Seite, aber beide auf demselben Radius. Jedes dieses Messer passiert zwischen zwei vorspringenden Trägern durch, auf die man ein überbrückendes Blättchen aus Wismuth oder einer leicht zerbrechlichen Wismuthzinklegierung legt und von geeigneten Federn halten lässt. Die Sparrstücke werden von den Mikrometern mit Auf- und Abwärtsbewegung getragen, und das Ganze sitzt auf einem Tische, der in zwei festen Führungen beweglich der rotierenden Scheibe willkürlich genähert werden kann.

Bei feststehender Scheibe lässt man zunächst beide Blättchen von den Messern berühren; sodann wird das Blättchen, welches den Kontakt *B* bildet, um die beabsichtigte Strecke herunter geschraubt, während *A* an seiner Stelle bleibt. Weiter werden die Blättchenträger zurückgezogen und die Dynamo in Bewegung gesetzt; ist die Geschwindigkeit der Scheibe konstant geworden, so stösst man plötzlich gegen den Tisch, der die Kontakte trägt. Bei dieser Annäherungsbewegung an die Scheibe kommt es oft vor, dass die Blättchen auf die Peripherie der Messer treffen, und in dem Falle ist der Versuch misslungen; aber häufig gelangen die Blättchen auch zu passender Zeit unterhalb der Messer an. Ob dies eingetreten, lässt sich leicht daran erkennen, dass in diesem Falle die Blättchen ohne irgend welche seitliche Verschiebung unter den sie festhaltenden Federn zu erfahren durchschlagen werden und dass das Messer nur ein Wismuthstückchen mitnimmt, das der Breite des Ebonits entspricht.

Die Geschwindigkeit des Rades, das die Messer trägt, wird auf akustischem Wege bestimmt. Mittels eines halbkugelförmig geschlossenen Cylinderresonators von veränderlichem Volumen bestimmt man den Ton einer Seebeckschen Sirene, die auf der Achse der Dynamo befestigt ist. In dieser Weise lässt sich mit aller Sicherheit der Wert der Note auf weniger als $^1/_{20}$ halben Ton genau ermitteln.

Die bei Entladungen in Luft von verschiedenen Verdünnungsgraden erhaltenen Resultate sind die folgenden:

Abstand von Kathode und der mit dem Elektrometer verbundenen Elektrode.	Abstand der Blättchen *A* und *B* voneinander, bei dem das Elektrometer auszuschlagen beginnt.	Geschwindigkeit der Scheibe.	Entsprechende Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen.
a) Druck 0,005 mm/kg. Äquivalente Schlagweite 0,8 cm. Potentialdifferenz V = 25000			
0,50 m		60,288 m/sec	
	1,04		57969
1,50 „		60,288 „	
	0,98		61518
2,50 „		60,288 „	
b) Druck 0,001 mm/kg. Schlagweite 11 cm. Potentialdifferenz V = 120000			
0,50 m		60,193 m/sec	
	0,50		120576
1,50 „		60,193 „	
	0,75		120576
3,00 „		60,193 „	

Die Werte der zweiten Kolumne sind Mittel aus vielen sämtlich auf weniger als $^1/_{10}$ mm miteinander stimmenden Versuchen. Man sieht aus der Tabelle, dass bei beiden Drucken die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen längs des ganzen Rohres fast konstant bleibt. Das lässt schliessen, dass unsere Methode geeignet ist, zuverlässige Ergebnisse zu liefern.

Man sieht ferner, dass die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen sehr abhängt vom Drucke im Entladungsrohre und darum auch vom Potentialgefälle, das durch den Druck bestimmt wird.

Die Verschiedenheit der Geschwindigkeitswerte, wie sie nach den Methoden erhalten worden sind, bei denen die Fluorescenzwirkung als Reagens diente, und der Werte nach den Methoden, die sich auf die Ladungswirkungen gründen, macht es wahrscheinlich, dass in beiden Fällen verschiedene Phänomene gemessen werden.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Th. Des Coudres.)

(Eingegangen 27. Aug. 1899.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

L. Arons (Berlin), Über den Lichtbogen zwischen Metallelektroden.

Der Vortragende teilte einige Ergebnisse seiner Messungen an Lichtbögen mit, die zwischen Metallelektroden in reinem Stickstoff erzeugt wurden.

Als wichtigstes Resultat hebt er hervor, dass die Spannungsverhältnisse unter sonst gleichen Umständen andere sind, wenn der Bogen in N als wenn er in Luft erzeugt wird.

Die Tabelle giebt die in N bei Atmosphärendruck erhaltenen Spannungen, neben welche die aus den v. Langschen Formeln (1887) für die Stromstärke 4,5 Amp. und die Elektrodendistanz 1,5 mm berechneten Werte für die Bögen in Luft gesetzt sind.

	in Luft		in Stickstoff	
Ag	21	Volt	?	Volt
Zn	23	"	21 [1])	"
Cd	25	"	21 [1])	"
Cu	27	"	30	"
Fe	29	"	20	"
Pt	36	"	30.[2])	"
Al	39	"	27	"
Pb	—	"	18	"
Mg	—	"	22	"

1) Bei geringerer Stromstärke gemessen.
2) Bei hoherer Stromstärke gemessen.

v. Lang hatte 1887 unter Vorbehalt die Vermutung ausgesprochen, dass die Spannungen (eigentlich die von ihm berechnete „Elektromotorische Gegenkraft") um so niedriger seien, je niedriger der Schmelzpunkt der Metalle liege — wobei freilich das Silber eine nur schwer zu erklärende Ausnahme bildete. Inzwischen hat v. Lang selbst (1897) im Aluminium eine neue Ausnahme gefunden. Die Zahlen für N zeigen, dass sich hier eine andere Reihenfolge ergiebt. Besonders auffallend ist das Verhalten des Silbers; während man in Luft sehr leicht den Lichtbogen zwischen Silberelektroden erzeugen kann, gelang es in Stickstoff nur äusserst schwierig. Erst bei einem Abstand von nur 0,5 mm und einer Stromstärke von etwa 13 Amp. entstand ein Bogen, bei dem 25—30 Volt Spannung am Voltmeter abgelesen wurde. Doch sank die Spannung durch Bildung von Silbertröpfchen in kurzen Intervallen auf 0, häufig verlöschte der Bogen plötzlich (Spannung 108 Volt der Stromquelle), so dass den abgelesenen Zahlen keine Bedeutung zukommt.

Wenn der Vortragende auch Beobachtungen anführen konnte, die die Bedeutung der physikalischen Konstanten der Metalle für die Grösse der Spannung bestätigen, so zieht er doch aus v. Langs und seinen Versuchsergebnissen den Schluss, dass für das Zustandekommen des Bogens die chemischen Beziehungen zwischen Elektrodenmaterial und Gas in erster Linie massgebend sind. De la Rive hat bereits auf die Oxydbildung bei dem elektrischen Lichtbogen in Luft selbst bei Platinelektroden hingewiesen. In Stickstoff muss es sich um die Bildung von Nitriden handeln (vergl. Naturw. Rdschau XIV, p. 453). Bei den meisten der untersuchten Metalle wiesen nur Anlassfarben auf Nitridbildung hin, während bei Magnesium und namentlich bei Aluminium reichliche Nitridmengen wirklich festgestellt wurden. Freilich zeigte sich auch bei diesen Metallen der Recipient, in dem der Bogen erzeugt wurde, mit dem Staub des Metalls selbst in feinster Verteilung bedeckt.

Nähere Einsicht in die Natur der Vorgänge wird man erst erhalten können, wenn die Verhältnisse der Bildung und Zersetzung der Oxyde und Nitride bei sehr hohen Temperaturen untersucht sein werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)
(Eingegangen 23. Septbr. 1899.)

(Keine Discussion.)

E. Aschkinass (Berlin), Über anomale Dispersion im ultraroten Spektralgebiete.

Wie sämtliche neueren Dispersionstheorien übereinstimmend lehren, zeigt ein jeder Körper im Spektralbereiche derjenigen Schwingungsdauer, welche mit der Eigenperiode seiner Elementarteilchen übereinstimmt, anomale Dispersion. Die mittlere Wellenlänge, für welche dieses Phänomen bei einer bestimmten Substanz auftritt, stellt daher eine für die letztere durchaus charakteristische Konstante dar, und es ist sehr wahrscheinlich, dass ein Zusammenhang zwischen der Grösse dieser Wellenlänge und anderen physikalisch-chemischen Eigenschaften besteht. Die Kenntnis derartiger Gesetzmässigkeiten dürfte für unsere Einsicht in intramolekulare Verhaltnisse von nicht unerheblicher Tragweite sein.

Die spektrale Individualität der Körper ist bisher zumeist an den Emissionsspektren glühender Gase studiert worden. Auch diese Spektralerscheinungen sind zweifellos mit analogen Gesetzmässigkeiten verknüpft. In einzelnen Fällen

konnte bereits ein gewisser Zusammenhang zwischen der Lage der Spektrallinien und den Atomgewichten konstatiert werden.[1]) Indessen sind die hier in Betracht kommenden Verhältnisse wegen der Höhe der anzuwendenden Temperaturen höchst komplizierter Natur, während die Erkenntnis der bei tieferen Temperaturen herrschenden Gesetze schon dadurch erleichtert wird, dass auch die übrigen Eigenschaften der Körper vorzugsweise bei solchen Wärmegraden untersucht worden sind. Da das bisher über die anomale Dispersion der Körper vorliegende Beobachtungsmaterial nur ein äusserst geringfügiges ist, so habe ich begonnen für eine Anzahl Substanzen die spektrale Lage ihrer anomalen Dispersionsstreifen zu bestimmen.

Die Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die optisch wohlbekannten Körper Kalkspat, Gips, Alaun, zu welchen dann noch, als dem Kalkspat chemisch gleichwertig, der Marmor hinzukam. Dass diese Substanzen in einem der Messung zugänglichen Gebiete des ultraroten Spektrums anomale Dispersion besitzen müssen, wurde daran erkannt, dass ihre Brechungsexponenten n für einen Strahlenkomplex von der Wellenlänge $\lambda = 51{,}2\ \mu$ — wie man ihn durch fünfmalige Reflexion der Gesamtemission einer Energiequelle an Steinsalz erhält[2]) — sehr hohe Werte aufwiesen die sich nur noch wenig von den Wurzeln aus ihren Dielektricitätskonstanten D unterschieden. Die diesbezüglichen Zahlenwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	$n_{\lambda = 51{,}2\,\mu}$	$\sqrt{D}$
Kalkspat	2,7	2,90
Marmor	3,0	—
Gips	2,6	2,25
Alaun	2,5	2,58

Es handelte sich nunmehr darum, zunächst eine rohe Orientierung über die ungefähre Lage der anomalen Dispersionen im Spektrum zu gewinnen, um dann die geeignetsten Methoden zur genauen Wellenlängenmessung wählen zu können. Zu diesem Zwecke liess ich die Gesamtemission eines Auerschen Brenners an jeder der zu untersuchenden Substanzen eine dreimalige Reflexion erleiden und untersuchte dann das Verhalten von Platten aus Quarz, Flussspat, Steinsalz u. s. w. gegen die restierende Strahlung. Durch geeignete Kombination von Absorptions- und Reflexionsmessungen an diesen Probekörpern liess sich bereits ein ziemlich sicheres Urteil über die spektrale Lage der Anomalien gewinnen.

Es folgten nun die exakten Wellenlängenbestimmungen. Für den Marmor ergab sich durch Anwendung der Methode der vielfachen Reflexionen und Zerlegung der Reststrahlung mittels eines Beugungsgitters ein Streifen anomaler Dispersion bei **29,4** μ. Auch der Kalkspat zeigte für diese Wellenlänge metallische Reflexion. In allen übrigen Fällen wurde die Verteilung des Reflexionsvermögens der betreffenden Substanzen in einem mittels eines Steinsalzprismas entworfenen Spektrum festgestellt. Da, wo ein Streifen anomaler Dispersion vorhanden ist, existiert ja auch ein Maximum metallischer Reflexion. Solche Maxima fanden sich nun für

Kalkspat	bei	6,67 μ	und	11,40 μ
Marmor	„	6,69 μ	„	11,41 μ
Gips	„	8,69 μ		
Alaun	„	9,05 μ		

Gips und Alaun besitzen ausserdem noch je ein Gebiet anomaler Dispersion zwischen 30 und 40 μ. Es war jedoch nicht möglich, in diesen Fällen eine genaue Wellenlängenbestimmung auszuführen.

Es empfiehlt sich offenbar, die Untersuchungen in der Weise fortzusetzen, dass homologe Reihen von chemischen Verbindungen der Beobachtung unterworfen werden. Anknüpfend an die früheren Untersuchungen an Steinsalz (Chlornatrium) und Sylvin (Chlorkalium) habe ich dem entsprechend weitere Versuche mit Bromnatrium und Bromkalium angestellt. Von diesen Salzen wurden grössere Mengen im Ofen geschmolzen und zu Platten gegossen, die letzteren sodann geschliffen und poliert. Es zeigte sich nun ein Gebiet metallischer Reflexion für das Bromnatrium zwischen **50** und **55** μ, für das Bromkalium zwischen **60** und **70** μ. Die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin besitzen nach den früheren Messungen eine Wellenlänge von bezw. 51,2 μ ($NaCl$) und 61,1 μ (KCl). Wir werden demnach die hier auftretenden Anomalien dem Einfluss der metallischen Bestandteile Natrium bezw. Kalium zuschreiben müssen. In analoger Weise zeigt sich bei den drei Calcium haltigen Verbindungen Flussspat, Marmor (Kalkspat) und Gips ungefähr in der gleichen Spektralregion (ca. 30 μ) je ein Streifen anomaler Dispersion.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 1. Oktbr. 1899.)

(Keine Discussion.)

1) H. Kayser u. C. Runge, Abhandl. d. Berl. Akad. 1890.

2) H. Rubens u. E. Aschkinass, Wied. Ann. 65. p. 241. 1898.

R. Börnstein (Berlin), Eine Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Monddeklination.

Nachdem ich in einer früheren Arbeit (Met. Zeitschr. 8, 161, 1891) eine während des scheinbaren täglichen Mondumlaufs stattfindende Schwankung des Luftdrucks für mehrere Orte

nachzuweisen vermocht hatte, schien es mir von Interesse, auch eine längere Periode der Mondbewegung auf etwaige Beziehung zum Luftdruck zu untersuchen. Vom synodischen Monat glaubte ich zunächst absehen zu müssen, da man ja vielfach schon eine „Wirkung" der Mondphasen auf den Barometerstand gesucht hat, ohne doch deutliche Ergebnisse zu finden. Dagegen erschien die Erforschung des siderischen Monats in Bezug auf gleichzeitige Luftdruckschwankungen aussichtsreicher, nicht bloss weil diese Frage noch wenig Bearbeitung gefunden hat, sondern auch in Rücksicht auf die neuerdings behauptete regelmässige Schwankung des luftelektrischen Potentialgefalles in der nämlichen Periode. Die Parallelität im Gange dieser Grösse mit demjenigen des Luftdrucks ist schon mehrfach hervorgehoben worden, und es lag die Frage nahe, ob nicht auch die Änderungen der Monddeklination von gleichzeitigen und einander ähnlichen Änderungen jener beiden Grössen begleitet seien.

Zunächst wurden die Aufzeichnungen des an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin (52° 31′ 54,3″ n. Br.) befindlichen Barographen (System Sprung-Fuess) für die Untersuchung verwendet. Beginnend mit dem Tage des nördlichen Lunistitiums wurden die aus je 24 Stundenwerten berechneten Tagesmittel des Luftdrucks von 27 zusammenhängenden Tagen nebeneinander geschrieben, darunter die entsprechenden Zahlen des folgenden siderischen Monats etc. Der bei fast einem Drittel der Fälle noch vorhandene 28. Tag wurde derartig berücksichtigt, dass sein Luftdruck auf die beiden benachbarten Tage verteilt und, wenn a, b, c die drei Tagesmittel sind, $\frac{1}{3}(2a+b)$ resp. $(b+2c)$ für den 27. resp. 1. Tag geschrieben wurde. Auf solche Art konnten die Beobachtungsergebnisse von 200 siderischen Monaten (15 Jahren, nämlich vom 10. Januar 1884 bis zum 24. Dezember 1898) benutzt werden, und indem hieraus der durchschnittliche Gang des Luftdrucks im siderischen Monat berechnet wurde, erhielt man für die 27 Tage Mittelwerte, deren jeder aus 4800 Einzelwerten den Durchschnitt bildet. Dabei zeigt sich eine sehr deutliche einmalige Schwankung, deren Maximum und Minimum auf den 12. und 23. Tag des siderischen Monats fällt, mit einer Amplitude von 2,851 mm. Als hierauf das ganze Material in zwei Hälften geteilt und für je 100 siderische Monate gesondert die mittleren Luftdruckkurven hergeleitet wurden, wichen beide nur im Betrage einiger kleinerer Schwankungen von einander ab, stimmten dagegen sehr deutlich überein in betreff der aus ihrem Mittel bereits erkannten einmaligen Druckschwankung während des siderischen Monats.

Nunmehr wurde die gleiche Berechnung für Magdeburg (52° 7′ 46″ n. Br.) ausgeführt. Durch die dankenswerte Veröffentlichung der korrigierten Tagesmittel, sowie durch freundliche direkte Mitteilung der 1898er Zahlen seitens des Herrn Weidenhagen war ich in Stand gesetzt, Beobachtungsergebnisse der von der Magdeburgischen Zeitung unterhaltenen Wetterwarte zu benutzen, welche in der gleichen Zeit und mit einem gleichen Apparat gewonnen waren, wie die vorerwähnten Berliner Luftdruckwerte. Das Ergebnis war das gleiche: Maximum am 12., Minimum am 23. Tage nach dem nördlichen Lunistitium, Amplitude 2,764 mm. Als auch hier das Beobachtungsmaterial in zwei Hälften geteilt wurde, ergab sich eine ausserordentlich genaue Übereinstimmung jeder der beiden Kurven mit der entsprechenden Berliner Kurve. In der ersten Hälfte der Zeit ist die Amplitude merklich geringer als in der zweiten; vielleicht erklärt sich dies aus dem Umstande, dass die mittlere Monddeklination der nördlichen Lunistitien für die erste Periode gegen 21°, für die zweite Periode über 26° beträgt.

Als dritte Beobachtungsstation wurde Potsdam (52° 22′ 56″ n. Br.) benutzt. Hier zeichnet gleichfalls ein Barograph nach Sprung-Fuess den Luftdruck auf, aber erst seit 1893, so dass nur aus 80 siderischen Monaten (6 Jahren, 1. Januar 1893 bis 24. Dezember 1898) die Zahlen verfügbar waren, und auch dies nur, weil die noch nicht gedruckten Tagesmittel von 1898 mir durch die Freundlichkeit des Herrn Professor Sprung mitgeteilt wurden. Es sind dies die letzten 80 der in Berlin und Magdeburg untersuchten 200 Monate. Die hieraus gebildete Kurve des durchschnittlichen Ganges gleicht in hohem Grade den aus der zweiten Hälfte der Beobachtungszeit in Berlin und Magdeburg hergeleiteten. Die Extreme fallen in Potsdam auf den 12. und 24. Tag, in Berlin und Magdeburg während jener zweiten Hälfte auf den 12. und 23., die Amplituden betragen in Potsdam 3,953 mm, in Berlin (für die zweite Hälfte) 4,333 mm, in Magdeburg (ebenso) 4,171 mm.

Hiernach dürfte die Meinung begründet sein, dass an den drei genannten Orten und während der Beobachtungszeit eine einmalige Schwankung des Luftdrucks im siderischen Monat stattfand, deren Maximum resp. Minimum einige Tage vor dem nördlichen resp. südlichen Lunistitium eintrat.

Falls hier eine für längere Zeiträume und für andere Orte gleichfalls nachweisbare Einwirkung vorliegt, so scheint es von hohem Interesse, den Besonderheiten der Erscheinung durch verschiedene Teile der Erdoberfläche nachzuspüren. Von vornherein darf erwartet werden, dass nicht etwa die gleiche Druckschwankung überall gefunden wird; denn wie

sollte man sich eine gleichzeitige Zu- oder Abnahme des Drucks auf der ganzen Erde vorstellen? Viel eher dürfte die Meinung berechtigt sein, dass eine regelmässige Wanderung der Luftmassen jener Luftdruckschwankung zu Grunde liege, und alsdann muss es Orte geben, welche diese Druckschwankung nicht haben, und vielleicht auch Orte mit der umgekehrten Schwankung. Auf Grund solcher Erwägungen wiederholte ich die Berechnung des Ganges, welchen der Luftdruck im siderischen Monat zeigt, noch für einige weitere Orte. Aus Wien (48° 15′ n. Br.) benutzte ich die vom Barographen gelieferten Tagesmittel von 200 siderischen Monaten, nämlich vom 11. Juli 1882 bis zum 26. Juni 1897. Die Kurve zeigt gleichfalls eine einmalige Schwankung, Maximum am 13., Minimum am 24. Tage; die Amplitude beträgt aber nur 1,853 mm, und die sekundären Schwankungen erscheinen beträchtlicher als in den vorgenannten Fällen. Noch weniger deutlich tritt die Erscheinung in Upsala auf (59° 51,5 n.Br.; 200 siderische Monate wie in Wien; Extreme am 4. und 23. Tage; Amplitude 1,949 mm), und wird noch undeutlicher in der spanischen Station San Fernando (36° 27′ 41,5″ n. Br.; 200 siderische Monate vom 11. Oktober 1881 bis zum 27. September 1896; Extreme am 10. und 24. Tage; Amplitude 0,768 mm), in Port au Prince auf Haiti (18° 34′ n. Br.; 26 siderische Monate vom 15. Juli 1890 bis zum 23. Juni 1892; Extreme am 26. und 18. Tage; Amplitude 0,692 mm) und in Batavia (6° 11,0′ s. Br.; 200 siderische Monate wie in San Fernando; Extreme am 13. und 21. Tage; Amplitude 0,141 mm).

Ob die geographische Breite dabei von Bedeutung ist, dürfte die weitere Untersuchung lehren.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass ich das Berliner Beobachtungsmaterial auch nach synodischen Monaten ordnete, um eine etwaige Beziehung der Mondphasen zum Luftdruck zu suchen. Aus den 190 synodischen Monaten vom 29. Dezember 1883 bis zum 7. Mai 1899 wurde die mittlere Luftdruckkurve gebildet. Sie zeigte zahlreiche kleine Schwankungen, liess aber keinerlei Regelmässigkeit erkennen.

Berlin, im September 1899.

(Eingegangen 28. Septbr. 1899.)

Zu dem Vortrage von **J. Precht** (Heidelberg), Die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen (vgl. No. 3, p. 48) ist nachzutragen:

An der Discussion beteiligten sich die Herren Rosenthal, Boas, Albert, Englisch.

Es wurde festgestellt, dass das Skiameter zur Beurteilung der chemischen Wirksamkeit der Röntgenstrahlen nicht tauglich sei, dass aber auch das von Herrn Boas hierfür empfohlene Polarisationsphotometer dieselben Fehlerquellen aufweist.

Personalien etc.

Professor Dr. W. König, Docent am Physikalischen Verein in Frankfurt, dem im letzten Winter schon eine Professur in Heidelberg angeboten war, hat jetzt einen Ruf als ausserordentlicher Professor der Physik nach Greifswald erhalten und für Ostern angenommen.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift,
Göttingen.

Mit vielem Interesse habe ich die Arbeit des Herrn Dr. Schaum in S. 5 Ihrer Zeitschrift gelesen. Da dieselbe hauptsächlich die Bewegung von Körpern an der Grenzfläche zweier Flüssigkeiten zum Gegenstande hat, scheint es mir für Ihre Leser von Interesse zu sein, auf eine frühere experimentelle Studie über Bewegung gewisser Körper an der Grenzschicht von Flüssigkeiten und Luft hinzuweisen:[1])

Gewisse Körper haben auf ganz fettfreiem Wasser eine ausserordentlich rasche, vielartige Bewegung, deren Verlauf sich durch den lösenden Körper selbst aufzeichnet, und so von der Wirkungsweise, der Kraft, der Vielartigkeit der molekularen Anziehung ein erstaunliches Bild giebt. Eine Reihe von 41, meist krystallisierten, Theerfarbstoffen, welche die Erscheinung zeigen, ist l. c. aufgestellt, z. B. Solidgrün (Oxalat, auch Zinkdoppelsalz), Violet 5 B (benzylsaures), salzsaures Anilin, Auramin, . . .

Als Ursachen der Bewegung sind nachgewiesen: ein Zusammenwirken von Natur, Bau und Grösse des festen Körpers; seine Krystallisation, eine verschiedene Löslichkeit je nach der Krystallfläche, explosionsartige Auflösungsvorgänge, sowie Grösse und Richtung der aus dem Zusammenwirken aller dieser Umstände resultierenden Kraft mit Rücksicht auf die Lage des Schwerpunktes oder die Angriffspunkte reibender Widerstände.

Wohl noch überraschender als die Bewegung eines sich lösenden Krystalls auf seinem Lösungsmittel ist noch die Thatsache, dass sich entstehende Krystalle während ihrer Bildung bewegen. — Hierüber vielleicht ein anderes Mal.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Neuchâtel, 9. Sept. 99.

Prof. Dr. Robert Weber.

1) R. Weber, Mouvement gyratoire des corps solides à la surface des liquides. (Bulletin de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel, 1884. p. 136 à 152, sowie: Comptes Rendus des séances de la Soc. helvétique des Sciences naturelles, 1884, p. 48, . .)

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 5. 28. October 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Beugung und Wellenlänge der Röntgenstrahlen.[1])

Von M. Maier.

Um bei den Röntgenstrahlen Beugungserscheinungen nachzuweisen und hieraus ihre Wellenlänge zu bestimmen, habe ich auf Anregung des verstorbenen Professors Dr. von Lommel in meinem physikalischen Privatlaboratorium eine umfangreiche experimentelle Arbeit ausgeführt, über die ich hier kurz berichten will. Bei allen meinen Versuchen wurde die betreffende Röntgenröhre von einem Funkeninduktorium von 15 cm Schlagweite bedient. Als Stromquelle diente eine Accumulatorenbatterie. In den primären Stromkreis war ein Ampèremeter eingeschaltet.

Zu den Beugungsaufnahmen dienten drei Hittorfsche-, fünf birnförmige Crookessche- und 15 sog. „Fokusröhren" mit und ohne regulierbares Vakuum, von den verschiedensten Firmen bezogen und mit verschiedenen Funkenlängen. Die Funkenlänge jeder Röhre wurde von mir in der bekannten Weise nachbestimmt. Jeder Versuch, d. h. jede Beugungsaufnahme wurde mit jeder der Röhren mindestens dreimal gemacht. Parallel zu der Röntgenröhre wurde bei Beugungsaufnahmen eine Funkenstrecke in den sekundären Stromkreis eingeschaltet.

Um Beugungserscheinungen zu erhalten, grenzte ich aus einer Stelle der Glaswand der Röntgenröhre mit Hilfe eines Eisenspaltes, dessen Breite zwischen 0,5 und 2 mm variierte, eine Lichtlinie ab und liess die von der Lichtlinie kommenden Röntgenstrahlen, bevor sie auf eine hochempfindliche photographische Platte gelangen konnten, an scharfen Metallkanten vorbeigehen; oder ich liess die Strahlen nach Gestalt, Grösse und Zahl variierte beugende Öffnungen, wie z. B. Schwerdsche Beugungsgitter, durchdringen. Dabei wurde sowohl die Entfernung der Lichtlinie von der beugenden Kante oder vom beugenden Gitter als auch die der letzteren von der lichtempfindlichen Platte mannigfach variiert. Aber alle diese Versuche verliefen ganz resultatlos, indem niemals eine Beugungserscheinung erhalten wurde. Auch nach der Methode Sagnacs angestellte Versuche, bei welchen die Röntgenstrahlen zuerst durch zwei hintereinander aufgestellte Spalte und dann erst durch ein Schwerdsches Beugungsgitter gehen mussten, bis sie auf die lichtempfindliche Platte trafen, hatten negativen Erfolg.

Die allermeisten und eingehendsten Beugungsversuche habe ich angestellt nach der Methode, welche Herr L. Fomm in den „Sitzungsberichten der mathematisch-physikalischen Klasse der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München", Bd. 26, Heft II zuerst beschrieben hat. Ist nämlich die beugende Öffnung von zwei parallelen Graden begrenzt, bildet die homogene Lichtquelle eine der Spaltöffnung parallele Lichtlinie, und hat endlich die beugende Öffnung eine symmetrische Lage zur Lichtquelle, so beobachtet man auf einem zum beugenden Spalt parallelen Schirm drei Fransen- oder Streifensysteme, von denen zwei zu beiden Seiten des direkten Spaltbildes liegen und mit der Entfernung vom Schattenrande rasch abnehmende helle und dunkle Streifen, die Maxima und Minima der Lichtintensität, bilden, während das dritte Streifensystem innerhalb des Lichtbildes entsteht.

Dieses innere Streifensystem zeigt die Eigentümlichkeit, dass bei einer bestimmten Entfernung der homogenen Lichtlinie vom beugenden Spalt und Projektionsschirm und bei einer bestimmten Breite des Beugungsspaltes, in der Mitte des Spaltbildes ein dunkler Streifen, das erste Minimum, erscheint, während sich die zu beiden Seiten der Beugungsöffnung auftretenden Streifen immer mehr gegen das Mittelbild hin zusammen-

1) Auszug aus der Münchener Inauguraldissertation.

drängen. Erweitert man den Beugungsspalt, so tritt an die Stelle des Minimums ein Maximum der Lichtintensität und so fort.

In einer grösseren Arbeit über „Die Beugungserscheinungen geradlinig begrenzter Schirme", erschienen in den „Abhandlungen der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München" II. Klasse 1886, Bd. 15, hat Professor von Lommel durch komplizierte mathematische Entwickelungen gezeigt, wie man bei geradlinig begrenzten Öffnungen aus dem Auftreten der oben beschriebenen Maxima und Minima die Wellenlänge des den Beugungsspalt durchdringenden homogenen Lichtes berechnen kann. Die von Lommel erhaltene Schlussformel zur Berechnung der Wellenlänge lautet:

$$\eta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{a+b}{a \cdot b} \cdot r^2,$$

wo λ die gesuchte Wellenlänge, a den Abstand der homogenen Lichtlinie von dem beugenden Spalt, b den Abstand des letzteren von dem Projektionsschirm, hier der photographischen Trockenplatte, r die halbe Breite des Beugungsspaltes und η eine Zahl bedeutet, deren Grösse aus der am Schlusse der Lommelschen Abhandlung befindlichen Figur I zu entnehmen ist.

Für diese Beugungsversuche und Wellenlängenbestimmungen liess ich mir einen geeigneten Beugungsapparat fertigen. Derselbe besteht aus einem Messingrohr, an dessen beiden Enden je ein aus 1,5 mm dicken Stahlplatten gefertigter Spalt angebracht ist. Die beiden Spalte, von denen der eine zur Abgrenzung der Lichtlinie, der andere als beugende Öffnung dient, sind einander genau parallel und können beliebig zu einander verschoben werden. Bei jedem der zwei Spalte ist die eine Stahlplatte fest, während die andere durch eine Mikrometerschraube bewegt werden kann, so dass man dem Spalt eine innerhalb 0 und 4 mm veränderliche Breite zu geben vermag. Die Ganghöhe der Mikrometerschraube beträgt an jedem der zwei Spalte 1 mm, der Trommelumfang ist in 20 Teile geteilt, so dass noch eine lineare Verschiebung von 0,05 mm abgelesen werden kann. Hinter dem Beugungsspalt wird eine hochempfindliche photographische Platte angebracht, welche auf einem am Messingrohr des Beugungsapparates befestigten Metallrahmen in beliebige Entfernungen vom beugenden Spalt geschoben werden kann.

Beugungsspalt und photographische Platte sind durch eine grosse, 2 mm dicke Bleiplatte vor diffuser Strahlung geschützt.

Die Lichtlinie war bei den meisten Versuchen 0,5 mm breit; die Breite des beugenden Spaltes wurde von 2 mm angefangen successive bei jeder neuen Versuchsreihe um einen Teilstrich auf dem Trommelumfang der Mikrometerschraube, d. h. um 0,05 mm verringert, so dass bei der letzten Versuchsreihe die Grösse r in der Lommelschen Formel gleich 0,025 mm wurde. Die Grösse a wechselte bei den verschiedenen Versuchsreihen zwischen 50 und 200 mm, die Grösse b zwischen 30 und 220 mm. Die Expositionszeiten variierten zwischen 3 und 60 Minuten.

Anfangs benutzte ich bei den Fommschen Beugungsversuchen Fokusröhren. Bei allen mit diesen Röhren gemachten Aufnahmen erhielt ich immer nur das Bild des beugenden Spaltes; im Innern des Spaltbildes aber war ein dunkler, dem ersten Minimum entsprechender Streifen niemals zu beobachten. An diesem negativen Resultat änderte sich auch dann nichts, wenn ich die von einer Fokusröhre und einer 0,5 mm breiten Lichtlinie kommenden Röntgenstrahlen absorbierende und fluorescierende Medien, wie z. B. Bromoform, Lösungen von Fluorescein, Urannitrat, Eosin u. s. w., durchlaufen liess, bevor sie durch den beugenden Spalt auf die photographische Platte gelangten.

Ein positives Resultat erhielt ich erst, als ich Crookessche oder Hittorfsche Röhren verwendete. So zeigte sich bei den mit einer birnförmigen Röhre gemachten Aufnahmen im Spaltbilde ein dunkler Streifen, das erste Minimum, wenn die in der Lommelschen Formel vorkommenden Grössen folgende waren: $r = 0{,}05$ mm, $a = 200$ mm und $b = 180$ mm. Hieraus berechnet sich die Wellenlänge der Röntgenstrahlen λ zu 15 $\mu\mu$! Unter denselben Versuchsbedingungen wurden die Beugungsaufnahmen, der Sicherheit des Resultates wegen sehr oft wiederholt, und jedesmal war im Spaltbilde der dunkle Streifen, das erste Minimum, zu beobachten. Mit einer 32 cm langen, cylinderförmigen Hittorfschen Röhre erhielt ich die Wellenlänge der Röntgenstrahlen zu 15,3 $\mu\mu$! Herr Fomm hat bei seinen Versuchen die Wellenlänge der Röntgenstrahlen zu 14 $\mu\mu$ gefunden. Die Länge der äussersten, von Schumann unter Anwendung von Flussspatprisma, Vakuum, Camera und gelatineloser Bromsilberplatte photographierten Wellen im ultravioletten Spektrum beträgt 100 $\mu\mu$!

Mit Rücksicht auf die von Herrn B. Walter[1]) aufgestellte Hypothese von der Natur der Röntgenstrahlen änderte ich meine Beugungsversuche dahin ab, dass ich die Röntgenstrahlen, bevor sie den beugenden Spalt passierten und zur photographischen Platte gelangten, durch ein Hochfrequenzfeld gehen liess. Das Hochfrequenzfeld wurde hergestellt durch einen Tesla-Transformator, der in den sekundären Kreis eines Induktoriums von 8 cm Schlagweite eingeschaltet war. Allein das Hochfrequenzfeld äusserte keinen Einfluss auf

1) B. Walter, Wied. Ann. 66, p. 73 ff. 1898.

den Gang der Röntgenstrahlen; denn es erschien bei den nämlichen Versuchskonstanten, wie früher, in dem Spaltbilde der nämliche dunkle Streifen, das erste Minimum.

Das Resultat änderte sich nicht, wenn das Hochfrequenzfeld mit der von Lecher beschriebenen Anordnung erzeugt wurde.

Auch mit den nach der von Sagnac[1]) angegebenen Methode transformierten Röntgenstrahlen habe ich sehr viele Beugungsversuche gemacht. Allein ich konnte nie, auch bei noch so lange dauernder Exposition, ein deutliches Bild auf der photographischen Platte erhalten. Übrigens ist experimentell nachgewiesen, dass die transformierten Röntgenstrahlen ein weit geringeres Durchdringungsvermögen besitzen als die direkten.

In letzter Zeit haben auch die Herren Haga und Wind in „Wiedemanns[2]) Annalen" die Resultate ihrer Untersuchungen über Beugung der Röntgenstrahlen veröffentlicht. Beide Physiker negieren die Realität der im Spaltbild auftretenden Fommschen Streifen, halten aber an der Wellennatur der Röntgenstrahlen fest. Aus den Verbreiterungen des Bildes beim Schmälerwerden des Spaltes erhalten sie mit Hilfe einer von Fresnel aufgestellten mathematischen Beziehung Wellenlängen der Röntgenstrahlen, die zwischen den Grenzen von 0,17 und 0,012 $\mu\mu$ gelegen sind. Die Verbreiterung des Spaltbildes konnte ich bei meinen Versuchen immer nur dann beobachten, wenn zur Erzeugung der Röntgenstrahlen eine Hittorfsche oder Crookessche Entladungsröhre verwendet wurde. Mit sog. Fokusröhren erhielt ich immer nur ein reines Spaltbild ohne irgendwelche Verbreiterung. Dass die im Spaltbilde beobachteten Fommschen Streifen auf einer optischen Täuschung beruhen, wie Haga und Wind glauben, müsste erst experimentell mit gewöhnlichen Lichtstrahlen nachgewiesen werden. Da jede Entladungsröhre Röntgenstrahlen von verschiedener Wellenlänge aussendet, so werden auch die Beugungserscheinungen nie so reine sein wie bei orthochromatischem Licht.

Schaufling bei Deggendorf.

(Eingegangen 28. Septbr. 1899.)

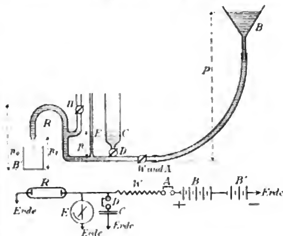
1) Sagnac, C. R. 125, p. 942. 1897.
2) H. Haga und C. H. Wind, Wied. Ann. 68, p. 884 ff. 1899.

W. Kaufmann, Ein mechanisches Modell zur Darstellung des Verhaltens Geisslerscher Röhren.

Es hat sich vielfach als nützlich erwiesen, die elektrodynamischen Gesetze durch mechanische Modelle dem Verständnis näher zu bringen; von den vielerlei Arten möglicher mechanischer Analogien dürfte wohl ein in einer Rohrleitung fliessender Wasserstrahl sich als die zweckmässigste gezeigt haben. Alle Gleichungen, welche in einem zusammenhängenden System metallischer Leiter zwischen Stromstärke, Spannung, Widerstand, elektromotorischer Kraft, Selbstinduktion und Kapazität auftreten, lassen sich vollkommen identisch für einen Wasserstrom aufstellen, wenn man folgende Analogien einführt:

Elektrisch	Mechanisch
Stromstärke	Stromstärke
Spannung	Druck
Widerstand	Reibungskoefficient
Elektromotor. Kraft	Druckhöhe des Pumpwerkes
Selbstinduktionskoeff.	Doppelte kinet. Energie der Flüssigkeit bei der Stromstärke 1
Kapazität eines Kondensators.	Querschnitt eines Sammelgefässes.

Während derartige Analogien, resp. auf Grund derselben ausgeführte Modelle für metallische Leitersysteme, wie schon gesagt, vielfach angewandt worden sind, ist es meines Wissens noch nicht versucht worden, die Erscheinungen in einem Geisslerschen Rohre mit Hilfe eines Wasserstromes darzustellen.



Das im folgenden zu beschreibende, höchst einfache Modell gestattet folgende, für das Verhalten einer mit Stickstoff von etwa 1 mm Druck gefüllten Röhre typische Erscheinungen[1]) nachzuahmen:

1. Zur Einleitung des Stromes ist ein bestimmtes Potential, das „Entladungspotential" notwendig.

2. Ist der Strom einmal eingeleitet, so kann das Potential bis auf einen bedeutend geringeren Wert erniedrigt werden, ehe der Strom erlischt.

3. Das Potential ist nur sehr wenig von der Stromintensität abhängig.

4. Sinkt der Strom länger als eine gewisse, sehr kleine Zeit unter einen bestimmten Mini-

1) W. Hittorf, Wied. Ann. 7, 553. 1879. 20, 705. 1883.

malwert, so erlischt er ganz und kann nur dadurch wieder eingeleitet werden, dass die Spannung wieder bis auf das Entladungspotential erhöht wird.

5. Unterhalb eines gewissen Wertes der Stromintensität wird der Strom diskontinuierlich.

6. Wenn der Strom diskontinuierlich ist, so kann die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Stromstössen durch Parallelschalten einer Kapazität vergrössert werden.

Im oberen Teile der Figur ist das Modell dargestellt und darunter eine Geisslersche Röhre mit Vorschaltwiderstand; die einander analogen Teile sind mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Dem positiven Ende *B* der Batterie entspricht im Modell das Druckgefäss *B*, dem negativen Ende das Auffangegefäss *B'*; der Ausschalter *A* und Vorschaltwiderstand *W* werden im Modell durch einen Hahn ersetzt, dem Kondensator *C* entspricht ein Gefäss *C*, dem zugehörigen Ausschalter ein Hahn *D*; an Stelle des Elektrometers *E* tritt ein geteiltes enges Rohr *E*, der Entladungsröhre endlich entspricht der Heber *R*; über die Bedeutung des Ansatzes und Hahnes *H* s. w. u. Man kann mit diesem Apparat die folgenden Versuche anstellen, wobei die vorgesetzten Zahlen den entsprechenden für das oben skizzierte Verhalten der Entladungsröhre entsprechen.

1. Es seien anfangs alle Hähne geschlossen; wenn man dann zuerst bloss *W* vorsichtig öffnet, so vermag das Wasser aus dem Heber nur auszufliessen, wenn die Druckhöhe *P* des Gefässes $B > p_0$, der Höhe des Hebers ist. (Die Füllung des genannten Hebers mit Wasser entspricht dem Übergang des Gases aus dem nichtleitenden in den leitenden Zustand.)

2. Nachdem der Ausfluss einmal begonnen hat, kann man den Druck bis auf p_1 erniedrigen, ohne dass der Strom aufhört.

3. Man kann die Stromstärke durch Drehen des Hahnes *W*, resp. durch Verändern von *P* in sehr weiten Grenzen variieren, ohne dass die Druckhöhe *p* in *E* mehr als einige Millimeter variiert.

4. Um das selbstthätige Erlöschen der Leitfähigkeit nachzuahmen, öffnen wir ein wenig den Hahn *H*. Ist der Strom sehr stark, so wird das Wasser in dem unteren Ende des Ansatzrohres stehen bleiben und der Strom fliesst konstant weiter; wenn dagegen der Strom durch Zudrehen von *W* oder Senken von *B* geschwächt wird, so wird von einem gewissen Stromwerte an Luft durch *H* in den Heber treten und den Strom unterbrechen. Sofort steigt jedoch die Flüssigkeit wieder bis zur Höhe p_0 und der Strom beginnt von neuem.

5. Man erhält also einen in regelmässigen Zwischenräumen intermittierenden Strom.

6. Schaltet man jetzt durch Öffnen von *D* das Gefäss von *C* ein, so wird die Oscillationsdauer bedeutend vergrössert, da erstens die zufliessende Wassermenge jetzt nicht nur den Heber, sondern auch *C* bis zur Höhe p_0 anfüllen muss, und zweitens eine längere Zeit vergeht, bis die nunmehr vergrösserte Wassermenge abgeflossen ist.

Göttingen, Physikal. Institut, 9. Oktbr. 1899.

(Eingegangen 10. Oktbr. 1899.)

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.[1])

Von Ludwig Boltzmann.

Hochansehnliche Versammlung!

In den früheren Jahrhunderten schritt die Wissenschaft durch die Arbeit der erlesensten Geister stetig, aber langsam fort, wie eine alte Stadt durch Neubauten betriebsamer und unternehmender Bürger in stetem Wachstume begriffen ist. Dagegen hat das gegenwärtige Jahrhundert des Dampfes und Telegraphen sein Gepräge nervöser, überhastender Thätigkeit auch dem Fortschritte der Wissenschaft aufgeprägt. Namentlich die Entwickelung der Naturwissenschaft in neuerer Zeit gleicht mehr der einer modernsten amerikanischen Stadt, die in wenigen Decennien vom Dorfe zur Millionenstadt wird.

Man hat wohl mit Recht Leibniz als den letzten bezeichnet, der noch im stande war, das gesamte Wissen seiner Zeit in einem einzigen Menschenkopfe zu vereinigen. Allerdings hat es auch in neuerer Zeit nicht an Männern gefehlt, welche durch den enormen Umfang ihrer Kenntnisse in Staunen setzten. Ich erwähne da nur Helmholtz, welcher vier verschiedene Wissenszweige, die Philosophie, Mathematik, Physik und Physiologie, mit gleicher Meisterschaft beherrschte. Allein, das waren doch nur einzelne, mehr oder minder verwandte Zweige des gesamten menschlichen Wissens; dieses reicht viel, viel weiter.

1) Vortrag, gehalten in der allgemeinen Sitzung der Münchener Naturforscherversammlung, Freitag, den 22. September 1899.

Die Folge dieser enormen, in rapidem Wachstume begriffenen Ausdehnung unserer positiven Kenntnisse war eine bis ins kleinste Detail gehende Arbeitsteilung in der Wissenschaft, welche fast schon an die in einer modernen Fabrik erinnert, wo der eine nichts als das Abmessen, der zweite das Schneiden, der dritte das Einschmelzen der Kohlenfäden zu besorgen hat u. s. w. Gewiss ist eine derartige Arbeitsteilung dem raschen Fortschritte der Wissenschaft enorm förderlich, ja für denselben geradezu unentbehrlich; aber ebenso gewiss birgt sie auch grosse Gefahren. Der für jede ideale, auf die Entdeckung von wesentlich neuem, ja nur wesentlich neuen Verbindungen der alten Gedanken gerichtete Thätigkeit unerlässliche Überblick über das Ganze geht dabei verloren. Um diesem Übelstande nach Möglichkeit zu begegnen, ist es wohl nützlich, wenn von Zeit zu Zeit ein einzelner mit dieser wissenschaftlichen Detailarbeit Beschäftigter einem grösseren, wissenschaftlich gebildeten Publikum einen Überblick über die Entwickelung desjenigen Wissenszweiges zu geben sucht, den er bearbeitet.

Es ist dies mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Die schier endlos lange Reihe von Schlüssen oder Einzelversuchen, deren Ziel irgend ein Resultat bildet, ist nur für denjenigen übersichtlich und leicht verständlich, der sich das Durchwandern gerade dieser Vorstellungsreihen zur Lebensaufgabe gemacht hat. Dazu kommt noch, dass sich zur Abkürzung der Ausdrucksweise und Erleichterung der Übersicht überall die Einführung einer sehr grossen Zahl neuer Bezeichnungen und gelehrter Wörter als nützlich erwies. Der Vortragende kann nun einerseits nicht durch Erklärung aller dieser neuen Begriffe die Geduld seiner Zuhörer schon erschöpfen, bevor er zu seinem eigentlichen Gegenstande kommt, und andererseits ohne dieselben sich nur schwer und unbehilflich verständlich machen. Auch darf die populäre Darstellung nie als Hauptsache betrachtet werden. Dies würde zu einer Verflachung der Strenge der Schlüsse und zum Aufgeben jener Exaktheit führen, welche zum Epitheton der Naturwissenschaft, und zwar zu ihrem nicht geringen Stolze, geworden ist. Wenn ich daher zum Thema meines gegenwärtigen Vortrages eine populäre Darstellung des Entwickelungsganges der theoretischen Physik in der neueren Zeit gewählt habe, so war ich mir wohl bewusst, dass mein Ziel in der Vollkommenheit, in der es meinem Geiste vorschwebt, nicht erreichbar ist, und dass ich nur das allgemein Wichtigste in rohen Umrissen werde zeichnen können, während ich hier und da wieder durch den der Vollständigkeit halber nötigen Vortrag von allzu Bekanntem werde Anstoss erregen müssen.

Die Hauptursache des rapiden Fortschrittes der Naturwissenschaft in der letzten Zeit liegt unzweifelhaft in der Auffindung und Vervollkommnung einer besonders geeigneten Forschungsmethode. Auf experimentellem Gebiete arbeitet dieselbe oft geradezu automatisch weiter, und der Forscher braucht nur gewissermassen stets neues Material aufzulegen, wie der Weber neues Garn auf den mechanischen Webstuhl. So braucht der Physiker nur immer neue Substanzen auf ihre Zähigkeit, ihren elektrischen Widerstand u. s. w. zu untersuchen, dann dieselben Bestimmungen bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffes, dann wieder des Moissanschen Ofens zu wiederholen, und ähnlich geht es bei manchen Aufgaben der Chemie. Freilich gehört immer noch genug Scharfsinn dazu, immer gerade die Versuchsbedingungen zu finden, unter denen die Sache geht.

Nicht ganz so einfach steht es mit den Methoden der theoretischen Physik; doch kann auch da in gewissem Sinne von einem automatischen Fortarbeiten gesprochen werden.

Diese hohe Bedeutung der richtigen Methode erklärt es, dass man bald nicht bloss über die Dinge nachdachte, sondern auch über die Methode unseres Nachdenkens selbst; es entstand die sogenannte Erkenntnistheorie, welche trotz eines gewissen Beigeschmackes der alten nun verpönten Metaphysik für die Wissenschaft von grösster Bedeutung ist.

Die Fortentwickelung der wissenschaftlichen Methode ist sozusagen das Skelett, das den Fortschritt der gesamten Wissenschaft trägt; deshalb will ich im folgenden die Entwickelung der Methoden in den Vordergrund stellen und gewissermassen bloss zu ihrer Erläuterung die erzielten wissenschaftlichen Resultate einflechten. Letztere sind ja ihrer Natur nach leichter verständlich und allgemeiner bekannt, während gerade der methodische Zusammenhang am meisten der Erläuterung bedarf.

Einen besonderen Reiz gewährt es, an die historische Darstellung einen Ausblick auf die Entwickelung der Wissenschaft in einer Zukunft zu knüpfen, welche zu erleben uns kraft der Kürze des Menschendaseins versagt ist. In dieser Beziehung will ich schon im voraus gestehen, dass ich nur Negatives bieten werde. Ich werde mich nicht vermessen, den Schleier zu heben, der die Zukunft umhüllt; dagegen will ich Gründe darlegen, welche wohl geeignet sein dürften, vor gewissen, allzu raschen Schlüssen auf die zukünftige Entwickelung der Wissenschaft zu warnen.

Betrachten wir den Entwickelungsgang der Theorie näher, so fällt zunächst auf, dass derselbe keineswegs so stetig erfolgt, als man wohl

erwarten würde, dass er vielmehr voll von Diskontinuitäten ist und wenigstens scheinbar nicht auf dem einfachsten, logisch gegebenen Wege erfolgt. Gewisse Methoden ergaben oft noch soeben die schönsten Resultate, und mancher glaubte wohl, dass die Entwickelung der Wissenschaft bis ins Unendliche in nichts anderem, als ihrer stetigen Anwendung bestehen würde. Im Gegensatze hierzu zeigen sie sich plötzlich erschöpft, und man ist bestrebt, ganz neue, disparate aufzusuchen. Es entwickelt sich dann wohl ein Kampf zwischen den Anhängern der alten Methoden und den Neuerern. Der Standpunkt der ersteren wird von ihren Gegnern als ein veralteter, überwundener bezeichnet, während sie selbst wieder die Neuerer als Verderber der echten klassischen Wissenschaft schmähen.

Es ist dies übrigens ein Prozess, der keineswegs auf die theoretische Physik beschränkt ist, vielmehr in der Entwickelungsgeschichte aller Zweige menschlicher Geistesthätigkeit wiederzukehren scheint. So glaubte vielleicht mancher zu den Zeiten Lessings, Schillers und Goethes, dass durch stete Weiterentwickelung der von diesen Meistern gepflegten idealen Dichtungsweise für die dramatische Litteratur aller Zeiten gesorgt sei, während heutzutage total verschiedene Methoden dramatischer Dichtung gesucht werden und die rechte vielleicht noch gar nicht gefunden ist.

In ganz ähnlicher Weise stehen der alten Malschule die Impressionisten, Secessionisten, Pleine-airisten, steht der klassischen Tonkunst die Zukunftsmusik gegenüber. Letztere ist doch nicht schon wieder veraltet? Wir werden uns daher nicht mehr wundern, dass die theoretische Physik keine Ausnahme von diesem allgemeinen Entwickelungsgesetze ist.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

Georg W. A. Kahlbaum (Basel). Über Metalldestillation.

Die Arbeiten, über die ich heute berichte, haben mich eine ganze Reihe von Jahren beschäftigt. Zwar habe ich bereits darüber vorgetragen, in Lausanne vor der schweizerischen Versammlung, und in Nürnberg; damals aber, jetzt darf ich es gestehen, geschah das durchaus gegen meinen Willen.

Durch Indiskretion war in dem Katalog eines Apparatenhändlers der von mir konstruierten Pumpe beigefügt, dass man mit Hilfe derselben auch Metalle destillieren könne, und da musste ich wohl oder übel doch sagen, was damals Wahres daran war.

Ich that das ungern, weil ich noch vor Schranken stand, die erst zu überwinden waren; heute sind dieselben gefallen, und ist das gesteckte Ziel erreicht, das Ziel nämlich, eine der bequemsten Reinigungsmethoden der organischen Chemie, die Destillation, und zwar die fraktionierte Destillation, auf die Metalle, und zwar auf alle Metalle, anzuwenden.

Ich habe also eine neue Methode zu beschreiben. In ihrer Ausführung ist sie sehr einfach: ein Destillierofen, eine Luftpumpe und ein Manometer, das ist alles, was man braucht. Die Schwierigkeit bestand allein darin, eine Pumpe zu bauen, die tage- und wochenlang einen Druck von einigen Hunderttausendstelmillimetern hält, ein Manometer zu beschaffen, das solche Grössen bequem zu messen gestattete, und handliche, nicht zu kostspielige Destillationsapparate anfertigen zu lassen, die tage- und wochenlang, ohne undicht zu werden, Temperaturen von 1000°, 1200°, auch 1400° aushielten und auch noch eine kurze Zeit hindurch bis auf etwa 1600° erhitzt werden konnten.

Denn das musste ja erreicht werden, wenn wirklich Metalle destilliert werden sollten, es mussten dieselben längere Zeit, bei sehr niederen Drucken, möglichst hohen Temperaturen ausgesetzt werden können.

Ich begann natürlich mit den leichtest siedenden Metallen, den Alkalien, und arbeitete zunächst in Glas.

Ein U-förmiges Glasrohr aus schwer schmelzbarem Glase, dessen einer geschlossener Schenkel in einen eisernen Tiegel tauchte, während der andere offene, dem zur Pumpe führenden Teile des ganzen Apparates aufgeschliffen war, diente als Destilliergefäss. Erhitzt wurde in Badern aus leichtflüssigen Metalllegierungen.

Das ging gut für Kalium und Natrium, nicht mehr für Lithium, weil Lithium das Glas angreift, deshalb wurde ein Silbertiegel in das Glasrohr eingesetzt.

Ich will bei dem Lithium einschiebend bemerken, dass die eine, von Bunsen und Mathiesen herrührende Angabe des Schmelzpunktes mit 180° mir falsch zu sein scheint, ich vermute durch einen Schreib- oder Druckfehler; es muss voraussichtlich 480° heissen. Ich wenigstens habe Lithium in siedendem Schwefel nicht schmelzen können. Übrigens habe ich die Arbeit nicht zu Ende geführt. Lithium ist

eine höchst ungemütliche Substanz; bei einem Schmelzversuch explodierte mir die ganze Geschichte, so dass ich die Finger davon liess; zudem ist es recht teuer. Ich will damit aber durchaus keine endgültigen Resultate angegeben haben.

Aus Glas lassen sich eine ganze Reihe Metalle destillieren, z B. Wismuth, Silber, Kadmium, Magnesium, Thallium u. s. w., die ich nicht alle aufzählen will; ja es würden sich, meiner Erfahrung nach, wohl die bei weitem grössere Zahl derselben aus Glas destillieren lassen, wenn das Glas nicht weich und dann durch den Luftdruck zusammengedrückt würde. — Das Glas hat drei grosse Vorzüge: 1. Durchsichtigkeit, 2. Billigkeit, 3. bequeme Bearbeitbarkeit; alle Glasapparate kann ich mir vor der Lampe selbst blasen.

Ich ging also recht ungern vom Glase ab. So habe ich mir zunächst mit eingesetzten Tiegeln, wie ich sie für das Lithium verwenden musste, weiter geholfen; aber das ging auch nicht viel weiter, denn auch die Silbertiegel wurden weich und zusammengepresst.

Besser geht es mit Platintiegeln, aber die kosten zu viel, und zudem wird das Platin bei hohen Temperaturen leichter angegriffen, als man glaubt. Zudem wird der Platintiegel auch im Innern des Glasrohres hochgeschoben, indem das Glas unten zusammenschmilzt und den Tiegel hebt.

Immer, um beim Glas bleiben zu können, habe ich dann Porzellantiegel in der Kgl. Porzellan-Manufaktur in Berlin machen lassen, die ich in die Glasröhren einschob.

Ich will hier die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, der Direktion dieses Kgl. Institutes meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die ausserordentliche Zuvorkommenheit, mit der dieselbe meinen vielen Anliegen stets entgegengekommen ist.

Die Porzellantiegel in Glas haben sich wohl bewährt; da der Boden der Tiegel hellglühend wird, so kann man die Vorgänge im Innern des Destillationsrohres gut beobachten; man sieht, was vorgeht; man weiss, wann die Destillation beginnt. Solange dieselbe fortgeht, ist auch nichts zu befürchten, aber wenn man unterbricht und auch noch so langsam erkalten lässt, so kommt doch ein Punkt, an dem das Glas, wegen der verschiedenen Ausdehnung, um das Porzellan springt. Die Metalle sind dann noch heiss und oxydieren, und das Ziel musste ja natürlich sein, erst wenn der Apparat ganz erkaltet war, Luft hinein zu lassen, eben so wie auch erst mit der Erwärmung begonnen wird, wenn der Apparat ganz luftleer ist.

Doch habe ich mir auch über dieses Springen weghelfen können. Ich habe um die Porzellantiegel gewissermassen einen Verband von Asbest gelegt, den ich mir aus Asbest und Wasser anrührte, wobei man einen plastischen Teig erhält. Dieser Teig wurde um den Tiegel gepappt, getrocknet, und der Tiegel dann in das Destillierrohr geschoben, und dasselbe zugeschmolzen. Hat man auf diese Weise zwischen dem Glas und dem Porzellan eine Schicht Asbest, so springen, wenn man nicht zu hohe Temperaturen braucht, die Glasrohre nicht mehr; so vorbereitet, kann man Kupfer z. B. und Gold noch aus Glas destillieren.

Braucht man noch höhere Temperaturen, so tritt derselbe Übelstand ein, der schon an dem Platintiegel gerügt wurde: der Tiegel wird gehoben bis an die Biegestelle, und beim Erkalten springt das Glasrohr dort. Ganz satt hineinpassen kann man den Tiegel nicht, wegen des nachherigen Schliessens des Rohres.

Ich musste also für die sehr hoch siedenden Metalle, wie Eisen, Chrom, Nickel u. s. w., zu Porzellanröhren meine Zuflucht nehmen, die für alle Metalle, die ich bisher bearbeitete, genügten.

Als Heizmittel habe ich ein gewöhnliches Wassertrommelgebläse, das Tag und Nacht ununterbrochen arbeitete, benützt, und demselben eine kurze Zeit hindurch, etwa $1\frac{1}{2}$, auch 2 Stunden, ein Sauerstoffgebläse substituiert. Länger kann man ein solches Gebläse nicht verwenden, weil es einfach alles durchbrennt.

Natürlich habe ich längst die Metallbäder und Eisentiegel, auch den Rost, auf dem der Tiegel ruht, durch Porzellan ersetzt, weil anhaltendes Erhitzen auf so hohe Temperaturen eben nur Porzellan, Steingut, Chamotte und dergl. aushält, wovon Porzellan immer das sauberste Arbeiten gestattet.

Tiegel und Rost halten auch die Operation ohne jede Gefährdung aus, wenn man die kleine Vorsicht gebraucht, zwischen die Berührungsstellen dünne Asbestplättchen zu legen; geschieht das nicht, so drückt der Rost den Tiegel, der nicht gehoben werden kann, beim Anwärmen zusammen, so dass er springt.

Das Sauerstoffgebläse, resp. den Fletcherbrenner, hält auch der Porzellantiegel auf die Dauer nicht aus, er schmilzt zusammen, so dass das Porzellan abtropft und der Tiegel ein Loch kriegt, und die Huppererde, die ich als Sandbad benütze, kalkhaltiger Sand wäre längst zusammengeschmolzen, herauslaufen würde.

Dem zu begegnen, lege ich in die Tiegel dünne Quarzplatten, die dann meist halten; setzt man aber die Operation lange fort, so werden auch diese einfach rund durchgeschmolzen. Das ist mir passiert beim Zinn, wo dann schliesslich auch noch das Destillierrohr mit durchbrannte.

Erst bei diesen höchsten Temperaturen ist es mir denn auch gelungen, einige Tröpfchen Zinn zu destillieren, während bei Gelegenheit des Elektrochemiker-Kongresses zu München, 1897, ein Herr eine ganze Flasche mit destil-

liertem Zinn, wie er behauptete, vorlegte, und ich auf meine bescheidene Bemerkung, dass es mir bis dahin nicht gelungen sei, Zinn im Vakuum zu destillieren, aus den Reihen der Zuhörer, mit der Unbefangenheit vollkommenster Sachunkenntnis, belehrt wurde, dass Zinn bekanntlich sehr leicht destilliere.

Das, was da vorgewiesen und für destilliertes Zinn ausgegeben wurde, war natürlich nichts als mechanisch mitgerissener Flugstaub.

(Schluss im nächsten Heft.)

BESPRECHUNGEN.

Elektricität und Magnetismus. Von Prof. Dr. M. Fr. Daniëls. Autorisierte deutsche Bearbeitung von Dr. A. Gockel: Freiburg (Schweiz), Universitätsbuchhandlung (B. Veith) 1899. III u. 307 p. p. Preis 4.50 M.

Trotzdem es bei uns nicht an guten elementaren Darstellungen der Elektricitätslehre fehlt, ist diese Übersetzung des Daniëlsschen Buches mit Dank und Freude zu begrüssen. Denn die Einfachheit und Durchdachtheit seiner Entwickelung, die Klarheit und Schärfe seiner Fragestellung, die Einheitlichkeit und Abgeschlossenheit seines Aufbaues, die Strenge und Wissenschaftlichkeit des theoretischen Gesamtbildes, zu dem das Buch mit elementarsten Mitteln hinzuführen weiss, sichern ihm eine günstige Aufnahme auch in Deutschland. Den Studierenden der Physik, Elektrotechnik u. s. w. in den ersten Semestern könnte man meines Erachtens kaum eine bessere Einführung empfehlen.

Die experimentellen wie theoretischen Forschungen sind bis in die neueste Zeit verwertet. In dem Kapitel über elektrische Wellen z. B. sind schon die von Rubens und Nichols mit den Reststrahlen des Flussspates angestellten Versuche über Absorption dieser kleinen elektromagnetischen Wellen in einem System entprechend abgestimmter Resonatoren aufgenommen. — Überall ist das Thatsachenmaterial in wohldurchdachter Folge vorangestellt, um, meist in besonderen Kapiteln, zu einem theoretischen Gesamtbild zusammengefasst zu werden. Diese von allen Einseitigkeiten und Überschätzungen freigehaltenen theoretischen Übersichten haben dem Referenten besonders gefallen. So ist z. B. die Arrheniussche Dissociationstheorie, die osmotische Theorie der galvanischen Kette von Nernst, die elektromagnetische Lichttheorie, die Lorentzsche Theorie des Zeemanneffektes, ja selbst die Maxwellsche Ätherwirbelvorstellung des elektromagnetischen Feldzustandes in grossen, aber klaren Umrissen skizziert. Immer tritt vor allem die grosse ordnende, „ökonomische“ Kraft solcher Theorien hervor und nie wird über ihre hypothetische Natur und über die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit hinweggetäuscht.

Als weiterer Vorzug ist die weitgehende Berücksichtigung technischer Anwendungen und die Einfügung technologischer und technisch-statistischer Angaben zu nennen. Wir finden u. a. die Einrichtungen für die Aluminiumgewinnung in Neuhausen, das Löten und Schweissen durch den elektrischen Strom, den Moissanschen Ofen, die Karborundum- und Kalciumkarbidgewinnung im elektrischen Ofen, die Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt mit einer kleinen Energiebilanz, ja schon die Nernstsche Lampe anmerkungsweise behandelt.

Mit welchem Zusammenhang freilich die Duboissche magnetische Wage an den Schluss des Kapitels Telephonie und Induktionswagen gesetzt ist, ist dem Referenten nicht klar geworden.

Zu rügen ist, dass zum Teil die Figuren aus dem holländischen Original übernommen sind, ohne die holländischen Aufschriften zu ändern. Die Ausstattung ist sonst gut.

Hermann Th. Simon.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift.

Auf die im 1. Hefte der „Physikalischen Zeitschrift“ im Briefkasten pag. 35 gestellte Frage nach einer Reinigungsmethode für Metallgitter kann ich Ihnen eine Antwort geben, welche ich erst kürzlich auf eine entsprechende Anfrage von Brashear selbst erhalten habe.

Brashear empfiehlt, die Reinigung seiner Gitter in der Weise vorzunehmen, dass man einen Wattebausch in eine Mischung von Alkohol und einer sehr geringen Quantität Schlämmkreide taucht und damit einigemal in der Richtung der Striche leicht über das Gitter fährt. Ammoniak anzuwenden widerriet er mir.

Hochachtungsvollst

Astrophysikalisches Observatorium zu Potsdam, 18. Okt. 1899. Prof. Dr. Kempf.

Personalien.

In der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen habilitierte sich Dr. phil. Wedekind aus Altona, mit einer Vorlesung über „Die Grundlagen und Aussichten der Stereochemie“.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 6. 4. November 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Amsterdam (Direktor J. D. van der Waals); mitgeteilt von P. Zeeman.

No. 2. N. Quint, Bestimmungen der Isothermen für Mischungen von Chlorwasserstoff mit Aethan.

Insofern es nicht die Ableitung, sondern die Vorstellung der Resultate betrifft, welche aus der Betrachtung der van der Waalsschen Ψ-Fläche (s. No. 1 u. 2, S. 14) sich ergeben, kann in gewissen Beziehungen mit Vorteil eine andere Fläche benutzt werden und zwar eine Oberfläche mit den rechtwinkligen Koordinaten: Druck p, Temperatur T und Zusammensetzung x. Sind für alle Temperaturen die Ψ-Flächen und die sich darauf befindenden Linien gleichen Druckes und die konodalen Linien gegeben, so lässt sich daraus der Zusammenhang von p, T, x ablesen. Es besteht nun die damit konstruierte neue Fläche aus zwei zusammenhängenden, sich übereinander befindenden Blättern, welche in den Ebenen $x=0$ und $x=1$ begrenzt sind von den Dampfdruckkurven der reinen Substanzen. Der Ort der Faltenpunkte (d. h. der Punkte der Fläche, wo die koexistierenden Phasen identisch sind) (s. No. 1) wird Faltenpunktskurve genannt.

Man bekommt eine Übersicht der Form der Fläche durch Projektion der auf derselben sich befindenden Linien sowie der Schnitte der Fläche mit Ebenen senkrecht zu den Koordinatachsen. Im pT-Diagramm findet man dann bei reinen Substanzen die Dampfdruckkurven und bei Mischungen schlingenförmige Grenzlinien. (Kuenen, Verslag. Ak. Amsterdam. '92 u. '94.) Es ist wie leicht einzusehen die Einhüllende der Grenzlinien die Projektion der obengenannten Faltenpunktskurve; diese Einhüllende wird Faltenpunktslinie genannt. Es ist also diese Linie die Schattengrenze eines festen Modelles der T, p, x-Fläche auf das pT-Diagramm, wenn Sonnenstrahlen parallel der x-Achse einfallen.

Zur Prüfung der van der Waalsschen Theorie einer Mischung zweier Stoffe sind nun in der in der Aufschrift genannten Arbeit Aethan (krit. Temperatur 31°.88; krit. Druck 48,94 Atm.) und Chlorwasserstoff (krit. Temperatur 51°.3; krit. Druck 84,13 Atm.) ausführlich untersucht. Es kamen ausser den reinen Substanzen vier verschiedene Mischungen zur Verwendung. Die Zusammendrückbarkeit wurde verglichen mit derjenigen trockener kohlensäurefreier Luft bei Temperaturen, welche für die zwei Stoffe und deren Mischungen jedesmal dieselbe war. Das Gas befand sich in einer Cailletet-Röhre, die in einem ca. 35 Liter fassenden Wasserbade auf der gewünschten konstanten Temperatur gehalten wurde. Es wurden die Temperaturen zwischen 15° und 35° abgelesen an einem in $^1/_{20}$° geteilten Thermometer; die übrigen (bis 52°) an einem in $^1/_{10}$° geteilten. Die Faltenpunktslinie, die Dampfdruckkurven der reinen Stoffe und die Grenzlinien sind graphisch dargestellt nach den in den Tabellen der Isothermbestimmungen sich findenden Anfangs- und Endpunkten der Kondensation. Die Angabe des Druckes ist in Atmosphären gemacht und es wird dabei, besonders bei den niedrigeren Drucken, wohl selten ein Fehler von $^1/_{1000}$ des Betrages gemacht sein. Die Versuche ergeben u. a. das Resultat, dass die kritische Temperatur des Gemenges ($x=0,62$) 27°.2 war. Dessenungeachtet also, dass die kritischen Temperaturen der reinen Substanzen etwa 20° auseinander liegen, war, und ähnliches wurde schon früher beobachtet, die kritische Temperatur eines Gemenges ausserhalb derjenigen der Bestandteile, in völligem Widerspruch mit der von Pawlewski gegebenen Regel. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse, sowie

eine Berechnung der Volumkontraktion bei der Gasmischung u. s. w. wird ziemlich bald in einer Dissertation erfolgen.

(Eingegangen 13. Oktbr. 1899.)

Verhalten des Büschellichtbogens im Magnetfelde.

Von Max Toepler.

Schaltet man in den Stromkreis einer vielplattigen Toeplerschen Maschine beiderseits eines Schlagraumes grosse Wasserwiderstände, oder benutzt man einerseits eine Halbleiterplatte (Schiefer, Basalt u. s. w.) als Elektrode, so beobachtet man bei genügender Stromstärke eine eigentümliche Art von nahe kontinuierlichem Elektricitätsfliessen im Schlagraume, welche von mir zuerst eingehender untersucht und Büschellichtbogen[1]) genannt worden ist. Vom Flammenbogen unterscheidet sich letzterer vor allem dadurch, dass bei ihm eine nennenswerte Verdampfung von Elektrodenmaterial **nicht** stattfindet (Spektrallinien der Elektrodensubstanz zeigen sich beim Büschellichtbogen nur in allernächster Nähe der Elektroden). Bei einer Stromstärke von nur 1,5 Milliampère ist, wie früher nachgewiesen wurde, ein Büschellichtbogen von 6 bis 8 cm Länge [illegible]ernd existenzfähig; der Potentialgradient [illegible]s des Büschellichtbogens beträgt hierbei 17 [illegible] Volt pro Centimeter. Besonders auffallend ist [illegible] Thatsache, dass beim Büschellichtbogen d[illegible] Elektricitätsfluss längs der Entladungsbahn [illegible]ckenweise unter Lichtentwickelung, streck[illegible]weise lichtlos erfolgt, dass also in freier L[illegible] von Atmosphärendruck eine Lichtschichtung [illegible]mlich wie in Geisslerröhren stattfindet.

Der Einfluss, welchen die Erregun[illegible] eines starken Magnetfeldes im Schlagraum [illegible] den Büschellichtbogen in ihm ausübt, bes[illegible]ränkt sich nicht auf eine den Wirkungen eine[illegible] Magnetfeldes auf ein bewegliches Stromeleme[illegible] entsprechende Ablenkung der Entladungsb[illegible]hn.

Die einzelnen (karminroten) Lichtsc[illegible]chten des Büschellichtbogens rücken im Magn[illegible]tfelde (Kraftlinien normal zur Entladungsbahn) [illegible]ichter zusammen, im selben Schlagraume zeig[illegible]t sich also (bei gleicherhaltener Stromstärke im B[illegible]schellichtbogen) eine grössere Anzahl von [illegible]Lichtschichten. Dabei erscheinen die Schicht[illegible]en im Magnetfelde schräggestellt gegen die Entla[illegible]ungsbahn. Klare Schichtenbildung findet jedoch im Magnetfelde nur selten statt. Bei gleicher Stromstärke im Büschellichtbogen wächst die Spannungsdifferenz zwischen den Elektroden bei Erregung des Magnetfeldes.

Eine ausführlichere Darstellung des erwähnten Verhaltens in Wied. Ann. ist beabsichtigt.

Dresden, im September 1899.

(Eingegangen 23. Oktbr. 1899.)

1) Die Beschreibung dieser eigentümlichen Form von geschichteter Entladung in freier Luft findet sich in Wied. Ann. 63, p. 109, 1897. Abh. d. naturw. Ges. Isis in Dresden 1898; Beibl. 22, p. 596. 1898, sowie Wied. Ann. 66, p. 660. 1898.

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.

Von Ludwig Boltzmann.

(Fortsetzung.)

Gestützt auf die Vorarbeiten zahlreicher genialer Naturphilosophen, hatten Galilei und Newton ein Lehrgebäude geschaffen, welches als der eigentliche Anfang der theoretischen Physik bezeichnet werden muss. Newton fügte demselben mit besonderem Erfolge die Theorie der Bewegung der Himmelskörper ein. Er betrachtete dabei jeden derselben als einen mathematischen Punkt, wie ja auch besonders die Fixsterne in der That in erster Annäherung der Beobachtung erscheinen. Zwischen je zweien sollte eine in die Richtung ihrer Verbindungslinie fallende, dem Quadrate ihres Abstandes verkehrt proportionale Anziehungskraft wirken. Indem er eine das gleiche Gesetz befolgende Kraft auch zwischen je zwei Massenteilchen eines beliebigen Körpers wirksam dachte und im übrigen die Bewegungsgesetze anwandte, welche er aus den Beobachtungen an irdischen Körpern abgeleitet hatte, gelang es ihm, die Bewegung sämtlicher Himmelskörper, die Schwere, Ebbe und Flut und alle einschlägigen Erscheinungen aus demselben Gesetze abzuleiten.

Im Hinblick auf diese grossen Erfolge waren Newtons Nachfolger bestrebt, die übrigen Naturerscheinungen ganz nach der Methode Newtons lediglich unter passenden Modifikationen und Erweiterungen zu erklären. Unter Benutzung einer alten, schon von Demokrit herrührenden Hypothese dachten sie sich die Körper als Aggregate sehr zahlreicher materieller Punkte, der Atome. Zwischen je zweien derselben sollte ausser der Newtonschen Anziehung noch eine Kraft wirken, welche man sich in gewissen Entfernungen abstossend, in anderen anziehend dachte, wie es eben zur Erklärung der Erscheinungen am geeignetsten schien.

Die Rechnung hatte nun das sogenannte

Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft ergeben. Jedesmal, wenn eine gewisse Arbeit geleistet wird, d. h. wenn der Angriffspunkt einer Kraft eine bestimmte Strecke in der Richtung der Kraftwirkung zurücklegt, muss eine bestimmte Menge von Bewegung entstehen, deren Quantität durch einen mathematischen Ausdruck gemessen wird, den man lebendige Kraft nennt. Genau diese Bewegungsquantität kommt nun wirklich zum Vorschein, sobald die Kraft alle Teilchen eines Körpers gleichmässig angreift, z. B. beim freien Falle, dagegen immer weniger, wenn nur einige Teilchen von den Kräften affiziert werden, andere nicht, wie bei der Reibung, beim Stosse. Bei allen Prozessen der letzteren Art entsteht dafür Wärme. Man machte daher die Hypothese, dass die Wärme, welche man früher für einen Stoff gehalten hatte, nichts anderes sei, als eine unregelmässige Relativbewegung der kleinsten Teilchen der Körper gegeneinander, welche man nicht direkt sehen kann, da man ja diese Teilchen selbst nicht sieht, welche sich aber den Teilchen unserer Nerven mitteilt und dadurch das Wärmegefühl erzeugt.

Die Konsequenz der Theorie, dass die erzeugte Wärme immer genau der verlorenen lebendigen Kraft proportional sein muss, was man den Satz der Äquivalenz der lebendigen Kraft und Wärme nennt, bestätigte sich. Man setzte weiter voraus, dass in den festen Körpern jedes Teilchen um eine bestimmte Ruhelage schwingt und die Konfiguration dieser Ruhelagen eben die feste Gestalt des Körpers bestimmt. In den tropfbaren Flüssigkeiten sind die Molekularbewegungen so lebhaft, dass die Teilchen nebeneinander vorbeikriechen; die Verdampfung aber entsteht durch die gänzliche Lostrennung der Teilchen von der Oberfläche der Körper, so dass in den Gasen und Dämpfen die Teilchen grösstenteils geradlinig, wie abgeschossene Flintenkugeln fortfliegen. So erklärte sich das Vorkommen der Körper in den drei Aggregatzuständen, sowie viele Thatsachen der Physik und Chemie ungezwungen. Aus zahlreichen Eigenschaften der Gase folgt freilich, dass deren Moleküle keine materiellen Punkte sein können. Man setzte daher voraus, dass sie Komplexe solcher seien, vielleicht noch umgeben von Ätherhüllen.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

Georg W. A. Kahlbaum (Basel), Über Metalldestillation. (Fortsetzung und Schluss.)

Die Temperaturen wurden gemessen mit einem Platin-Iridium-Thermoelement, aber ich gebe keine Zahlen an, sie sind mir nicht zuverlässig genug; hier muss noch Wandel geschaffen werden.

Die Drucke wurden mit dem von mir angegebenen Mc'Leodschen Volumometer gemessen. Um das Eindringen von Quecksilberdämpfen in den eigentlichen Destillationsapparat zu hindern, waren demselben noch 6 mit Goldblatt beschickte Glaskugeln, die in Kochsalz-Eis-Kältemischung eingebettet waren, vorgelegt; man konnte an der fortschreitenden Amalgamation sehr deutlich wahrnehmen, wie von Pumpe und Volumometer, auch bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, fortwährend Quecksilber in die kalten Glaskugeln hinüberdestillierte.

Ich habe, wenn ich nicht eins und das andere bei der Aufzählung vergesse, bisher destilliert:

Selen, Tellur, Kalium, Natrium, Lithium, Thalium, Wismuth, Antimon, Kadmium, Magnesium, Aluminium, Silber, Kupfer, Gold, Nickel, Eisen, Chrom, Zinn und Zirkon.

Natürlich habe ich überhaupt nur Versuche mit verhältnismässig höher siedenden Substanzen gemacht, da es sich für mich zunächst darum handelte, die Methode allen Anforderungen genügend auszuarbeiten. So beschränke ich mich auch hier, die Resultate, die mit den bisher für nicht flüchtig ausgegebenen Metallen erzielt wurden, kurz zu beleuchten. Silber destilliert, was übrigens bekannt, bei ganz niederen Temperaturen, es sublimiert; ebenso Magnesium.

Kupfer war bisher nicht verfluchtigt, es destilliert ohne Schwierigkeit, doch ist die Anwendung von Porzellangefässen vorteilhaft.

Dr. von Kratz-Koschlau, der die schönen Krystalle, die eine zusammenhängende Schicht um den inneren Teil des Porzellanrohres bilden, untersuchte, hat darüber folgendes festgestellt:

„Die Kupferkrystalle bilden eine zusammenhängende krystalline Masse, aus der die einzelnen Krystalle mit ausgezeichnet spiegelnden Flächen hervorragen. Die Krystallbegrenzung ist durch Würfel und Oktaeder gegeben, wobei das Oktaeder immer herrscht, manchmal ausschliesslich entwickelt ist."

Auch das Gold siedet unschwer und ist ebenfalls noch aus Glas destillierbar; jedoch auch hier ist die Grenze erreicht, so dass man für grössere Mengen Porzellangefässe anzuwenden hat.

Der Siedepunkt dürfte wohl höher als der des Kupfers, dieser als der des Silbers sein, so dass die Ordnung nicht dem Atomgewicht, sondern dem Atomvolumen entsprechen würde

Silber,
Kupfer,
Gold.

Auch Golddampf setzt sich in Krystallen an. Herr Dr. v. Kraatz schreibt darüber:

„Die Goldkrystalle sind teils Würfel, teils Oktaeder. Die Oktaeder liegen fast stets auf einer Fläche auf, zeigen dann durch Verzerrung häufig sechsseitigen Umriss und sind oft nach einer Kante gestreckt, so dass sie dann stäbchenförmig erscheinen und nur durch die endliche, schiefe Begrenzung als Oktaeder identifiziert werden können. Die Würfel sind immer gestreckt nach einer Hauptachse und erscheinen dadurch als quadratische Säulen. Würfel und Oktaeder liegen regellos durcheinander, an einem Würfel wurde ein Berührungszwilling nach O (1.1.1) beobachtet."

Das Eisen lässt sich aus Glas nicht mehr verflüchtigen, wohl aber aus Porzellan.

Es scheinen Siedepunkt und Sublimationspunkt ungefähr zusammenzufallen, denn die kleinen, nach Goldschmidt reduzierten Eisenkügelchen backten fest zusammen, ohne geschmolzen zu sein; sie haben noch Form gehalten.

Das Eisen schlägt sich krystallinisch mit fast silberweisser Farbe an den Wandungen nieder; da, wo langsamere Abkühlung die Ausbildung einzelner Krystallindividuen begünstigt, schiessen auch solche an. Über diese Krystalle urteilt Herr Dr. v. Kraatz:

„Kleine, aber ausgezeichnet glänzende Krystalle zeigen unter dem Mikroskop die Begrenzung von (vorwiegend) Würfel mit Oktaeder (untergeordnet). Auf den Würfelflächen zeigt sich häufig starke Riefung und Streifung parallel der Kombinationskante mit einer Oktaederfläche, und diese Erscheinung ist wohl als Zwillingsbildung nach O (1.1.1) aufzufassen. Manchmal tritt das Oktaeder allein auf und gestattet die Flächenwinkel zu 60^0 zu messen. Es dürften hier die schönsten bisher beobachteten Eisenkrystalle vorliegen."

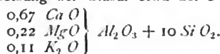
Bemerkenswert ist, dass, von Gold und Silber nicht zu sprechen, Eisen und Kupfer, wenn in dieser Weise durch Destillation gereinigt, in gewöhnlicher Luft so gut wie gar nicht oxydiert werden, sie sind sauerstofffest; es ist ganz etwas ähnliches wie das nach Goldschmidt reduzierte Chrom und Mangan, die sich ja auch unendlich viel besser halten, als die kohlenstoffhaltigen Produkte der alten Darstellungsweise.

Ich habe ein Stückchen Porzellan mit Beschlag von destilliertem Eisen, seit Ende März, also beiläufig ein halbes Jahr, in der Tasche getragen, dasselbe ist noch ganz unverändert.

Gold-, Silber-, Kupfer- und Eisendämpfe greifen weder Glas noch Porzellanglasur an, es kann infolgedessen die Verdünnung ziemlich weit, d. h. bei heller Rotglut, also bei etwa 1100^0 bis auf 0,00005 mm Druck getrieben werden.

Nicht so weit, nur bis etwa $^3/_{10000}$ mm, lässt sich, für beiläufig die gleiche Temperatur, die Verdünnung beim Chrom bringen. Chrom greift die Glasur erheblich an.

Nach einer gütigen Mitteilung der Direktion der Kgl. Porzellan-Manufaktur entspricht die Zusammensetzung der Glasur etwa der Formel:



$$\left.\begin{array}{l} 0{,}67\ CaO \\ 0{,}22\ MgO \\ 0{,}11\ K_2O \end{array}\right\} Al_2O_3 + 10\, SiO_2.$$

Der Alkaligehalt wird durch Einführung von norwegischem Feldspat erzielt, daher enthält die Glasur immer auch Natron.

Das Alkali wird nun durch Chromdämpfe reduziert, und Kalium und Natrium destillieren als Metalle über, wie wir sie als solche spektroskopisch, und als Platindoppelsalz, nachweisen konnten.

Während also Natrium bei niederen Temperaturen Chrom aus dem Chlorid reduziert, tritt das umgekehrte Verhältnis für die Sauerstoffverbindungen bei hohen Temperaturen ein.

Das Niederschlagen von metallischem Chrom wird dadurch übrigens nicht verhindert; die deutlich im Silikat angegriffene Glasur überzieht sich mit einer Schicht verschiedener — wohl — Oxyde, unter denen neben einem braunen auch das grüne Sesquioxyd Cr_2O_3 auftritt. — Auf dieser schützenden Schicht setzen sich, teils vereinzelt, teils zu einer Haut vereinigt, glänzende Krystalle an, die jedoch meist keine scharf begrenzte Flächen zeigen.

Das destillierte Chrom war Goldschmidtsches Fabrikat; auch hier hielt sich die Verdampfung auf der Grenze zwischen Sublimation und Destillation.

Zuletzt habe ich noch Versuche gemacht mit einer Legierung Aluminium-Zirkon, die ich der Güte des Herrn Professor Muthmann verdankte.

Es fand deutliche Verdampfung statt, wobei die übergehenden Dämpfe die Porzellanglasur lebhaft angriffen, sich eine ziemlich starke Schicht bleigrauen Aussehens absetzte, die mit weisser Flamme verbrannte, und die sich unter dem Mikroskop als aus kleinen aneinandergereihten, erstarrten Tröpfchen erwies, auf denen grössere Kügelchen aufsassen. Da es kein reines Aluminium war (deutlich sprach dagegen die Sprödigkeit), so vermuten wir, Herr Prof. Muthmann und ich, dass es mit Silicium ganz

durchsetztes Aluminium sei. Das Aluminium saugt ja geradezu mit Begierde Kiesel ein.

Der Rückstand war wesentlich verändert, zeigte deutlich Krystallbildung und ist voraussichtlich wenn nicht reines, so doch stark angereichertes Zirkon.

Schon hieraus zeigt sich, dass der Zweck, den ich ja mit diesen Arbeiten überhaupt verfolge — denn nur die Thatsache, dass alle Metalle flüchtig sind, zuerst experimentell nachgewiesen zu haben, kann mir nicht genügen —, ich sage die Trennung von Aluminium und Zirkon zeigt, dass der Zweck, den ich mit diesen Arbeiten verfolge, die Metalle rein darzustellen, angebahnt ist.

Mit einem deutlichen Beleg dafür will ich schliessen.

Ich habe mich eines Münzverbrechens schuldig gemacht. Ich habe eine kaiserl. deutsche Reichsmünze destilliert — allerdings nur ein Zehnpfennigstück.

Solch ein Reichsnickel wiegt bekanntlich 4 g und enthält 25 Proz. Kupfer, d. h. 1 g.

Diese 25 Proz. Kupfer habe ich mühelos herausfraktioniert. Das reine Nickel, unter Verlust von etwa 0,95 g, blieb als fast weisser Metallregulus zurück; ein wenig des Nickels destillierte mit über, das sich als Silberspiegel an den Wänden niederschlug; er ging mehr und mehr in Rot über, um endlich eine dichte Haut prachtvoll leuchtenden Kupfers, mit deutlichen Krystallen besetzt, zu bilden.

Es ist also das Ziel, die Anwendung der fraktionierten Destillation auf die Metalle auszudehnen, thatsächlich erreicht.

Basel, physikalisch-chemisches Laboratorium der Universität, den 14. September 1899.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 5. Oktbr. 1899.)

REFERATE UND BERICHTE.



Neue physikalische Instrumente [auf der anlässlich der 71. Versammlung D. Naturf. u. Ärzte zu München veranstalteten Ausstellung].

Die folgenden Zeilen sollen über die ausgestellten neuen Apparate nur einen allgemeinen Überblick gewähren, über einzelne Gegenstände von besonderem Interesse wird eventuell später eingehender referiert werden.

Der durch die immer weiter sich ausbreitende Anwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin bewirkte Aufschwung im Bau von Induktorien und dazugehörigen Hilfsapparaten macht sich auch auf der diesjährigen Ausstellung wieder deutlich bemerkbar, indem fast die Hälfte des für physikalische Apparate verfügbaren Raumes von den genannten Apparaten eingenommen wird.

Im Bau der Induktorien scheint seit dem letzten Jahre kein wesentlicher Fortschritt mehr gemacht worden zu sein; die ausziehbare und zur Verhinderung des Durchschlagens an beiden Seiten weit überstehende Primärspule scheint jetzt allgemein angewandt zu werden. Ebenso dürfte die Erkenntnis, dass es zur Erzielung guter Durchleuchtungen nicht nur auf grosse Funkenlänge, sondern auch auf grosse Intensität des Induktionsstromes ankommt, bereits bei allen Erbauern von Induktorien zur Anwendung stärkerer Drahtquerschnitte im Sekundärkreise geführt haben; der Unterschied gegen früher macht sich auch bei oberflächlichster Beobachtung sogleich durch die viel dickeren und helleren Funken bemerkbar.

Von Unterbrechern waren im Betriebe zu sehen einerseits die Quecksilberstrahlunterbrecher der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und von M. Levy (Berlin), andererseits der Wehneltsche elektrolytische Unterbrecher, letzterer sowohl in der ursprünglichen Konstruktion von Ernecke (Berlin) als auch in einer neuen Ausführung von Siemens & Halske (Berlin) mit selbstthätiger Kühlvorrichtung. Zu einer Vergleichung der Vor- und Nachteile beider Unterbrecherarten findet sich vielleicht später einmal Gelegenheit.

Für die Zwecke der Marconischen Funkentelegraphie hat die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft ihren Unterbrecher dadurch sehr brauchbar gemacht, dass sie denselben mit einem Taster versah, welcher durch Heben und Senken des rotierenden Quecksilberstrahles den Strom schliesst resp. unterbricht; die für eine präcise Zeichengebung sehr störende Lichtbogenbildung an der Unterbrechungsstelle eines gewöhnlichen mit dem Unterbrecher in Serie geschalteten Tasters wird hier vollständig vermieden.

Die ausserordentlich hohe Frequenz und Intensität der mit dem Wehnelt-Unterbrecher erzeugten Induktionsströme hat zur Konstruktion einer neuen Röntgenröhre geführt, welche von der Firma E. Gundelach hergestellt wird. Bei dieser Röhre besteht die Antikathode aus einem schweren Metallkörper, der durch seine grosse Oberfläche eine rasche Wärmeabgabe ermöglicht. Ausserdem sind auch die Aluminiumelektroden mit einem schwer schmelzbaren

Metall hinterlegt, welches zur Vermeidung der Zerstäubung durch die Entladungen mit einer Emailfarbe überzogen ist.

Von elektrischen Messinstrumenten hat die Firma Siemens & Halske ausser den verschiedenen Typen ihrer seit lange bewährten Präcisionsampèremeter ein ebenfalls nach dem Weston-Prinzip gebautes Taschen-Volt- und Ampèremeter ausgestellt. Der Nullpunkt liegt bei diesem Instrument in der Mitte der Skala; der Messbereich geht nach beiden Seiten bis + 150 Volt, resp. + 10 Amp. Ein ebenfalls ausgestelltes Deprez-d'Arsonvalgalvanometer zeigt als Neuerung einen regulierbaren magnetischen Nebenschluss, mit Hilfe dessen man stets die Empfindlichkeit so regulieren kann, dass der Reduktionsfaktor des Instrumentes eine ganze Zahl, wo möglich irgend eine Poten zvon 10 wird.

Ein ebenfalls sehr praktisch und kompendiös gebautes d'Arsonvalgalvanometer stellen Hartmann & Braun (Frankfurt) aus, das infolge doppelter Bewickelung der Spule auch als Differentialinstrument benutzt werden kann; ferner kann man bei Benutzung nur einer Wickelung durch Einschalten eines Rheostaten in die andere die Dämpfung beliebig variieren. Ebenfalls von Hartmann & Braun angefertigt ist der H. du Boissche Halbringelektromagnet, welcher, allerdings nur innerhalb eines sehr kleinen Raumes, eine Feldstärke von 35000 C.G.S. zu erzeugen gestattet.

Neue optische Instrumente befinden sich namentlich in der Kollektion von C. Zeiss (Jena) und Schmidt & Hänsch (Berlin).

Von den Zeissschen Instrumenten seien erwähnt:

1. Ein Refraktometer für Flüssigkeiten, mit veränderlichem brechenden Winkel.

2. Ein Eintauchrefraktometer zur Untersuchung von Flüssigkeiten bei beliebiger Temperatur.

3. Ein binokulares Mikroskop.

4. Ein Flüssigkeitsprisma mit grosser Dispersion (Dispersionswinkel??).

5. Ein Pulfrichscher Entfernungsmesser.

Von letzterem sei wenigstens das Prinzip hier kurz erläutert:

Das Instrument besteht aus einem stereoskopischen Fernrohr mit ca. 50 cm Objektivabstand. In der Bildebene jedes der beiden Fernrohre befindet sich je eine aus kurzen Strichen bestehende Skala, derart, dass die beiden Skalen durch stereoskopische Vereinigung den Eindruck gewähren, als befänden sich die Teilstriche in der Tiefenrichtung des Gesichtsfeldes hintereinander. Die Teilstriche scheinen also mit bestimmten Punkten der Landschaft zu koinzidieren; der Abstand je zweier Striche entspricht einer Entfernungsdifferenz von 100 m. Es ist zwar im ersten Augenblick nicht ganz leicht, die Bilder richtig zur Deckung zu bringen, doch genügt, wie Referent sich selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, eine Übung von wenigen Minuten, um Entfernungen bis etwa 2000 m auf 50 m sicher zu messen; die Skala reicht bis 3000 m.

Von Schmidt & Hänsch sind verschiedene verbesserte Spektrometer, Photometer und Spektrophotometer ausgestellt. Besonders erwähnenswert scheint mir ein sehr bequemes Taschenphotometer, bei welchem eine mit dem Instrument fest verbundene Glühlampe als Vergleichslichtquelle dient; die beiden Bildhälften sind senkrecht zu einander polarisiert und werden durch ein Okularnikol auf gleiche Helligkeit gebracht. Ebenfalls sehr bequem zu handhaben ist ein Spektrokolorimeter mit veränderlicher Schichtdicke, das sich leicht an jedem Spektrometer anbringen lässt. Das bekannte Königsche Spektrophotometer ist einer gründlichen Neukonstruktion unterzogen worden, bei welcher die der alten Form anhaftenden Mängel, namentlich die Störungen durch innere Reflexionen, nach Möglichkeit vermieden sind. Durch Einführung einheitlicher Rohrdimensionen ist dafür gesorgt, dass die Teile verschiedener Instrumente miteinander vertauschbar sind.

Eine wichtige Änderung hat auch Linde bei seiner Luftverflüssigungsmaschine angebracht. Bei der ausgestellten Maschine kleinsten Formates befindet sich nämlich der ganze Gegenstromapparat im Innern eines Dewarschen Vakuumgefässes, welches gleichzeitig auch als Behälter für die flüssige Luft dient.

Zum Schlusse endlich sei noch ein Differentialmanometer von H. Recknagel (München) erwähnt, welches Drucke bis herab zu $1/_{200}$ mm Wassersäule zu messen gestattet.

(W. Kaufmann.)

TAGESEREIGNISSE.

Die Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule in Berlin.

In den Tagen vom 19. bis 21. Oktober beging die Technische Hochschule zu Berlin die Feier ihres hundertjährigen Bestehens. Wir berichten im folgenden kurz über die wissenschaftlich bedeutsamen Momente der Feier.

Der Anfang der Hochschule wird auf die

im Jahre 1799 erfolgte Loslösung der Bauakademie von der Akademie der Künste zu Berlin zurückgeführt. In bescheidenster Weise, mit 10 Schülern und einem Jahresetat von Mark 10200, wurde damals die neue Anstalt eröffnet. Zwei Jahrzehnte später, 1821, entstand dann unabhängig von der Bauakademie eine besondere Gewerbeakademie. Beide Anstalten entwickelten sich in erfreulichster Weise nebeneinander, bis die verwandten Zwecke ihrer Thätigkeit den Gedanken ihrer Vereinigung zur jetzigen Technischen Hochschule nahelegten. Dieselbe erfolgte im Jahre 1879, als die Bauakademie 702, die Gewerbeakademie 432 Schüler hatte. Der Gesamtschülerbestand ist seitdem unaufhörlich gewachsen und hat im letzten Wintersemester die Zahl 3428 erreicht. Im Jahre der Vereinigung zählte die Technische Hochschule fünf Abteilungen, für Architektur, Bau-Ingenieurwesen, Maschinen-Ingenieurwesen, Chemie und Hüttenkunde, und Allgemeine Wissenschaften. 1894 wurde von der Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen eine besondere sechste, die Abteilung für Schiffsbau, abgezweigt. Schon bald nach der verfassungsmässigen Vereinigung der beiden Akademien erwies es sich als notwendig, sie auch räumlich zu vereinigen und der gesamten Hochschule ein besonderes Heim zu schaffen. Auf Charlottenburger Gebiet wurde der Monumentalbau aufgeführt, in dessen Räume die Hochschule 1884 einziehen konnte. Bei seiner Errichtung hatte man auf eine Maximalzahl von 2000 Studenten gerechnet. Heute ist dieselbe längst überschritten, so dass in den letzen Jahren mehrfach Erweiterungsbauten vorgenommen worden sind.

Vor dem eigentlichen Festakt am Donnerstag, 19. Oktober, fand die Enthüllung der beiden Standbilder von Werner von Siemens und Alfred Krupp statt, welche von dem Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute und deutscher Eisen- und Stahlindustrieller der Technischen Hochschule gestiftet sind.

Der Festakt selbst wurde in Gegenwart des Kaiserpaares unter lebhaftester Anteilnahme der technischen und wissenschaftlichen Welt begangen.

Zunächst ergriff Minister Studt das Wort zu einem geschichtlichen Rückblick auf die Entwickelung der Technischen Hochschule in Berlin und verlas dann u. a. folgenden kaiserlichen Erlass:

„Auf den Bericht vom 6. d. Mts. will Ich den Technischen Hochschulen in Anerkennung der wissenschaftlichen Bedeutung, welche sie in den letzten Jahrzehnten neben der Erfüllung ihrer praktischen Aufgaben erlangt haben, das Recht einräumen: 1) auf Grund der Diplom-Prüfung den Grad eines Diplom-Ingenieurs (abgekürzte Schreibweise, und zwar in deutscher Schrift: Dipl. Ing.) zu erteilen, 2) Diplom-Ingenieure auf Grund einer weiteren Prüfung zu Doktor-Ingenieuren (abgekürzte Schreibweise, und zwar in deutscher Schrift: Dr. Ing.) zu promovieren, und 3) die Würde eines Doktor-Ingenieurs auch Ehren halber als seltene Auszeichnung an Männer, die sich um die Förderung der technischen Wissenschaften hervorragende Verdienste erworben haben, nach Massgabe der in der Promotions-Ordnung festzusetzenden Bedingungen verleihen."

Neues Palais, den 11. Oktober 1899.
gez. Wilhelm R.
ggez. Studt.

Ein fernerer Erlass bestimmt:

„Auf den Bericht vom 24. August d. J. will Ich dem Rektor der Technischen Hochschule zu Berlin für seine amtlichen Beziehungen den Titel „Magnificenz" beilegen."

Neues Palais, den 11. Oktober 1899.
gez. Wilhelm R.

Dazu ergriff der Kaiser selbst das Wort mit folgender Rede:

„An dem heutigen festlichen Tage gedenke Ich lebhaft der Feier, durch die Mein in Gott ruhender Herr Grossvater, des Kaisers Wilhelm des Grossen Majestät, vor 15 Jahren diesem Hause die Weihe gegeben hat. Wenn der unvergessliche Herrscher damals die Hoffnung aussprach, dass dem herrlichen Schmuck, welcher dem Bau im Innern wie im Äussern zu teil geworden ist, das geistige Leben entsprechen werde, welches sich darin entwickeln solle, wenn Er im besonderen dem Wunsche Ausdruck gab, dass diese Anstalt alle Zeit ruhmvoll ihre Aufgabe lösen und den ihr gebührenden Rang unter den Hochschulen behaupten möge, so kann Ich mit Genugthuung heute bezeugen, dass Seine Hoffnung und Sein Wunsch in der seitherigen Entwickelung dieser Anstalt, welche als Seine eigenste Schöpfung zu betrachten ist, sich glänzend erfüllt und diese wie die Technischen Hochschulen überhaupt sich ebenbürtig den obersten Bildungsstätten des Landes, unseren Universitäten, an die Seite gestellt haben. Es ist Mir eine besondere Freude gewesen, dies heute noch dadurch anerkennen zu können, dass Ich den Technischen Hochschulen das Recht zur Verleihung besonderer, ihrer Eigenart entsprechender wissenschaftlicher Grade beigelegt habe.

Dass durch die wissenschaftlichen Bestrebungen der Hochschulen der innige Zusammenhang mit der Praxis nicht beeinträchtigt werden darf und die Technischen Hochschulen bemüht sein werden, aus der anregenden Berührung mit dem Leben fortdauernd neue Kraft und Nahrung zu ziehen, dafür dienen als

Wahrzeichen die Standbilder der beiden Männer, die fortan die Front dieses Hauses schmücken werden.[1]) Solange sie die Erinnerung an diese Männer festhalten und ihrem Vorbilde nacheifern, wird die deutsche Technik im Wettkampf der Nationen allezeit ehrenvoll bestehen. In dem Verhältnis der Technischen Hochschulen zu den anderen obersten Unterrichtsstätten aber giebt es keine Interessengegensätze und keinen anderen Eifer, als den, dass eine jede von ihnen und jedes Glied derselben an seinem Teile den Forderungen, die das Leben und die Wissenschaft stellen, voll gerecht werde, eingedenk der Goetheschen Worte:

Gleich sei keiner dem anderen; doch gleich sei jeder dem Höchsten!
Wie das zu machen? Es sei jeder vollendet in sich!

Bleiben die Technischen Hochschulen, welche in dem zu Ende gehenden Säkulum zu so schöner Blüte sich entwickelt haben, dieser Mahnung getreu, so wird das kommende Jahrhundert sie wohl gerüstet finden, auch den Aufgaben gerecht zu werden, welche die fortschreitende kulturelle Entwickelung der Völker in immer steigendem Masse an die Technik stellt.

Staunenerregend sind die Erfolge der Technik in unseren Tagen, aber sie waren nur dadurch möglich, dass der Schöpfer Himmels und der Erde den Menschen die Fähigkeit und das Streben verliehen hat, immer tiefer in die Geheimnisse seiner Schöpfung einzudringen und die Kräfte und die Gesetze der Natur immer mehr zu erkennen, um sie dem Wohle der Menschheit dienstbar zu machen. So führt, wie jede echte Wissenschaft auch die Technik immer wieder zurück auf den Ursprung aller Dinge, den allmächtigen Schöpfer, und in demütigem Dank müssen wir uns vor ihm beugen. Nur auf diesem Boden, auf dem auch der verewigte Kaiser Wilhelm der Grosse lebte und wirkte, kann auch das Streben unserer Wissenschaften von dauerndem Erfolg begleitet sein. Halten Sie, Lehrer und Lernende, daran fest, so wird Ihrer Arbeit Gottes Segen nicht fehlen.

Dies ist Mein Wunsch, welcher die Anstalt in das neue Jahrhundert geleiten möge!"

Der Rektor der Hochschule Professor Riedler dankte im Namen der Hochschule für die derselben gewährten Rechte: „In dieser denkwürdigen Stunde," so schloss er, „geloben wir jetzt: Hier soll der Geist herrschen, der alle Geistesbildung achtet, der Wissenschaft sucht und anwendet, Wissenschaft und Leben vereinigt, der thatkräftig mitarbeitet am Kulturwerk der Nation, an der Entwickelung des produktiven Schaffens. Hier soll der Geist des Forschens und des Schaffens gelehrt, es soll der Geist der Menschlichkeit gepflegt werden."

1) Krupp und Siemens.

Von dem Empfange der Abordnungen am Freitag, 20. Oktober, 1 Uhr, in der grossen Halle der Technischen Hochschule, ist hervorzuheben: die Übergabe einer Stipendienstiftung der Stadt Berlin in der Höhe von 100000 Mark zu Stipendienreisen ins Ausland; der Stadt Charlottenburg in der Höhe von 40000 Mark zur Unterstützung von Studierenden oder zu Reisestipendien; die Überreichung einer Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie in der Höhe von 1500000 Mark, deren Zinsen und auch Kapital bei Aufgaben von hoher nationaler Bedeutung zur Förderung der technischen Wissenschaft verwendet werden sollen.

In der darauf folgenden Festsitzung wurden vier wissenschaftliche Reden von allgemeinem Interesse gehalten:

Geheimer Oberbaurat Prof. Adler schilderte die in 200 Jahren entstandene Prachtstrasse, von der Kurfürstenbrücke in Berlin, unter den Linden, durchs Brandenburger Thor, an der Technischen Hochschule vorbei bis zum Königlichen Schloss in Charlottenburg, als ein Studienfeld für die Jünger der Baukunst. Professor Bubendy sprach über Fortschritte des Bau-Ingenieurwesens. Professor Kammerer: Über den Zusammenhang der Maschinen-Technik mit Wissenschaft und Leben. Geh. Regierungsrat Professor Dr. Witt: Über die Entwickelung der Chemie als technische Wissenschaft.

Auf den Inhalt der beiden letzten Reden werden wir vielleicht besonders zurückkommen.

B. Borchardt.

Personalien.

Als Privatdozent in die philosophische Fakultät der Universität Würzburg wurde der beurlaubte a. o. Professor der Universität Freiburg i. B. und erster Assistent am physikalischen Institut in Würzburg Dr. Ludwig Zehnder aufgenommen.

Gesuche.

Für die physikalische Abteilung des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. Main wird ein **Assistent** gesucht. Eintritt sofort oder möglichst bald, spätestens 1. Januar.

Prof. Dr. W. König.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 7. 11. November 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Theorie des kritischen Zustandes.

Von C. Dieterici.

Die Beobachtungen, welche im Laufe des letzten Jahrzehntes über das Volumen der verschiedenen Stoffe im kritischen Zustand von Cailletet und Mathias, von Amagat und, in umfassendster Weise, von Ramsay und S. Young ausgeführt sind, lassen einen Satz als experimentell ziemlich genau zutreffend hervortreten, dass, wie es S. Young zuerst ausgesprochen hat, für viele Substanzen die thatsächlich beobachtete kritische Dichte 3,75 mal so gross ist, als die 'ideale', diejenige, welche sich aus dem idealen Gasgesetze $p \cdot v = R\vartheta$ für den kritischen Zustand berechnet. Das Verhältnis 3,75 trifft mit einer Genauigkeit von höchstens $\pm$ 2 Proz. bei allen Kohlenwasserstoffen, ihren Halogenderivaten, Zinnchlorid, CCl_4, Äther zu; bei den 10 höher konstituierten Estern ist nach Young dieses Verhältnis etwa 3,9, also um etwa 4 Proz. höher, bei den Alkoholen um etwa 7 Proz. grösser. Ausnahmen bilden nur Essigsäure und Methyl-Alkohol, bei denen wohl Änderungen des Molekulargewichtes wahrscheinlich sind. Die Beobachtungen von Amagat liefern für CO_2 das Verhältnis der thatsächlichen zur idealen kritischen Dichte zu 3,62, ebenso Cailletet und Mathias' Beobachtungen an SO_2. Die älteren Beobachtungen an O_2 und N_2 geben Zahlen 3,8 und grösser. Hier liegen nur direkte Ablesungen des kritischen Volumens vor und keine Isothermen unterhalb derselben, so dass man für diese Stoffe noch nicht die Methode von Cailletet und Mathias zur Ermittelung der kritischen Dichte anwenden kann. Im ganzen ergeben also die Thatsachen, dass das Verhältnis des idealen kritischen Volumens zum thatsächlichen bei allen Substanzen, bei denen wir keine Veranlassung haben, Polymerisationen oder Dissociationen anzunehmen, etwa 3,7 oder höher ist.

Es fragt sich, ob die Theorie der Zustandsgleichung von van der Waals dieses Verhältnis berechnen lässt.

In der allgemeinen Form derselben

$$(p + \pi)(v - b) = R\vartheta$$

nimmt van der Waals für den Kohäsionsdruck π die Gesetzmässigkeit

$$\pi = \frac{a}{v^2}$$

an, worin a eine Konstante ist.

Betrachtet man die Volumenkorrektion b als konstant, so folgen die drei klassischen Gleichungen von van der Waals

$$v_x = 3b; \; p_x = \frac{a}{27 b^2}; \quad \vartheta_x = \frac{8a}{27 R b}.$$

Dividiert man die dritte durch die zweite, so fällt a heraus, und ersetzt man b durch $\frac{1}{3} v_x$, so kommt

$$\frac{R\vartheta_x}{p_x} = \frac{8}{3} v_x,$$

oder da $\frac{R\vartheta_x}{p_x} = v_e$ das 'ideale' kritische Volumen ist

$$\frac{v_e}{v_x} = \frac{8}{3} = 2,67.$$

Die Beobachtungen fordern aber für dieses Verhältnis 3,7 oder höher, und somit liegt eine grosse, durch Beobachtungsunsicherheit sicherlich nicht erklärbare Differenz vor.

Die nächste Frage ist, ob man eine bessere Übereinstimmung dadurch herbeiführen kann, dass man die Voraussetzung b = const. fallen lässt; denn wenn wir b nicht als unabhängig vom Volumen ansehen, so müssen die Bedingungen für den kritischen Zustand

$$\left(\frac{dp}{dv}\right)_{\vartheta = c} = 0 \qquad \text{und} \qquad \left(\frac{d^2p}{dv^2}\right)_{\vartheta = c} = 0$$

zu anderen Beziehungen zwischen den kritischen Grössen führen, als die van der Waalsschen Gleichungen ergeben.

Wählt man die erweiterte Form der Zustandsgleichung, wie sie die theoretischen Betrachtungen von van der Waals, G. Jäger und Boltzmann ergeben:

$$p = R\vartheta \frac{1}{v}\left(1 + \frac{b}{v} + \alpha\left(\frac{b}{v}\right)^2 + \ldots\right) - \frac{a}{v^2},$$

so zeigt sich, dass, gleichgültig welchen Wert der Koeffizient α des quadratischen Gliedes haben mag, die Beziehungen für den kritischen Zustand das Verhältnis $\frac{v_0}{v_\varkappa} = 3$ ergeben und dass, wenn man vier oder mehr Glieder der Reihe mit notwendig positiven Faktoren α nimmt, der Wert dieses Verhältnisses nur kleiner wird.

Solange man also das Waalssche Kohäsionsgesetz $\frac{a}{v^2}$ festhält, kann man mit allen theoretisch begründeten Erweiterungen nur Werte für das Verhältnis $v_0 : v_\varkappa$ berechnen, welche weit unter den thatsächlich beobachteten liegen.

Ich habe nun zwei Möglichkeiten gefunden, den Widerspruch zu beseitigen.

Die erste besteht darin, dass man das Gesetz des Kohäsionsdruckes durch

$$\pi = \frac{a}{v^{5/3}}$$

darstellt. Dann ergeben für den Fall $b =$ const. die Bedingungen des kritischen Zustandes die den Waalsschen Gleichungen ganz analogen

$$v_\varkappa = 4b; \quad p_\varkappa = \frac{a}{4\cdot(4b)^{5/3}}; \quad \vartheta_\varkappa = \frac{15ab}{4\cdot(4b)^{5/3} R}.$$

Dividiert man auch hier die dritte durch die zweite Gleichung und ersetzt b durch $\frac{1}{4} v_0$, so folgt

$$\frac{R\vartheta_\varkappa}{p_\varkappa v_\varkappa} = \frac{v_0}{v_\varkappa} = \frac{15}{4} = 3{,}75,$$

und das ist gerade diejenige Zahl, welche aus den Beobachtungen von Ramsay und Young sich ergiebt.

Lässt man die Annahme $b =$ const. fallen, so kann man mit Hilfe der erweiterten Zustandsgleichung auch höhere Werte berechnen. Die Theorie bietet also die Möglichkeit, das Auftreten grösserer Werte dieses Verhältnisses zu erklären durch die Annahme $b = f(v)$, ohne dass sie gezwungen wäre, auf mathematisch nicht darstellbare Annahmen von Polymerisationen ihre Zuflucht zu nehmen.

Meine Bemühungen, das rein empirisch gefundene Gesetz $\pi = \frac{a}{v^{5/3}}$ mechanisch zu deuten, führten mich dazu, die Grundanschauungen von van der Waals in etwas anderer Weise in die Theorie einzuführen und damit eine Verbindung herzustellen mit den Anschauungen von Clausius über den Verdampfungsvorgang, welche durch G. Jäger, W. Voigt und mich selbst beim Versuch, eine kinetische Theorie der Flüssigkeiten auszubilden, schon verarbeitet sind. Daraus ergab sich eine zweite Möglichkeit, über die Grössenverhältnisse im kritischen Zustand eine Aussage zu machen:

Denkt man sich zwischen den Molekülen eines Gases eine Kohäsionskraft wirkend, so wird eine Molekel inmitten des Gases keine einseitige Zugkraft erleiden, nähert sie sich aber einer Wand auf eine Distanz, die kleiner ist als ihre Wirkungsweite, so muss sie einem einseitigen Zug nach innen unterliegen, der ihre Geschwindigkeit verringert. Betrachten wir nun alle Molekeln, welche sich zur Wand hin bewegen, so werden die langsam sich bewegenden gar nicht zur Wand gelangen, weil sie nicht genug lebendige Kraft mit sich führen, die Arbeit gegen die Kohäsionskraft zu leisten; diese 'unbefähigten' Molekeln (Voigt) tragen also zum Druck nicht bei; es kommen nur die 'befähigten' Molekeln zur Wand hin und auch diese unter Verlust von kinetischer Energie. Die Theorie zeigt nun, dass

$$p = \frac{R\vartheta}{v-b} \cdot e^{-\frac{A}{R\vartheta}}$$

sein muss, worin A die Arbeit gegen die Kohäsionskraft ist. Macht man die Hypothese, dass diese Arbeit proportional der Dichte oder umgekehrt proportional dem Volumen sei, so entwickelt man aus

$$p = \frac{R\vartheta}{v-b} \cdot e^{-\frac{C}{R\vartheta v}},$$

indem man die kritischen Gleichungen $\frac{dp}{dv} = 0$ und $\frac{d^2p}{dv^2} = 0$ bildet, bei der Annahme $b =$ const.

$$v_\varkappa = \frac{1}{2} b \qquad \frac{C}{R\vartheta_\varkappa v_\varkappa} = 2$$

$$\frac{R\vartheta_\varkappa}{p_\varkappa v_\varkappa} = \frac{v_0}{v_\varkappa} = \frac{1}{2} e^2 = 3{,}695.$$

Auch diese Berechnung giebt also das Verhältnis des idealen zum thatsächlichen kritischen Volumen in völliger quantitativer Übereinstimmung mit den Beobachtungen wieder. Auch hier ist naturgemäss die Möglichkeit gegeben, andere Verhältnisse durch die Annahme $b = f(v)$ zu berechnen.

Ich habe die beiden Darstellungsweisen objektiv nebeneinander entwickelt und hoffe durch Berechnung der Isothermen der verschiedenen Stoffe noch herausfinden können, welche von beiden sich am besten den Beobachtungen anschmiegt.

(Eingegangen 26. Oktbr. 1899.)

Diamagnetismus der Medien des Auges.

Von J. Mooser.

Ausgehend von dem Gedanken, es wäre nicht unwahrscheinlich, dass durch magnetische Kräfte die Form oder Lage der Krystall-Linse des Auges geändert, somit Kurzsichtigkeit oder Weitsichtigkeit geheilt werden könnte, habe ich im November 1898 orientierende Versuche über das magnetische Verhalten der Medien des Auges angestellt und gefunden, dass diese Medien diamagnetisch sind. Eine in Stücke geschnittene Linse eines Ochsenauges wurde in ein Papierröhrchen gebracht; im magnetischen Felde eines Elektromagneten für diamagnetische Versuche stellte sich das mit Linsensubstanz gefüllte Röhrchen äquatorial. Eine ganze Linse vor einem Pol eines Elektromagneten für ophthalmologische Zwecke (nach Professor Dr. Haab) an einem Faden aufgehängt, wurde von den vom Pol ausgehenden Kraftlinien abgestossen. Es ist deshalb denkbar, dass sich die Linse eines kurzsichtigen Auges durch längeres und öfteres Einwirken des Magnetismus, durch eine „magnetische Kur", etwas verflachen lässt, wodurch die Kurzsichtigkeit einigermassen oder vollständig korrigiert würde. Eine Änderung der Sehweite lässt sich, meiner Ansicht nach, nur erwarten von der Kraft eines Elektromagneten, dessen Eisenkern einen Durchmesser von etwa 40 cm besitzt. Der cylindrische, wenigstens auf einer Seite zugespitzte Eisenkern soll so durchbohrt sein, dass sich die Sehweite des vor der Spitze des Magneten sich befindlichen Auges während der Einwirkung der magnetischen Kraft bestimmen lässt.

Da ich wegen Erblindung die begonnenen Arbeiten nicht weiterführen kann, so ersuche ich hiermit die Herren Kollegen, die sich hierfür interessieren, genauere Untersuchungen über den Diamagnetismus der Augenmedien anzustellen.

St. Gallen (Schweiz), Oktbr. 1899.

(Eingegangen 28. Oktbr. 1899.)

Das Ostwaldsche Masssystem und die Abhängigkeit der Oberflächenspannung vom elektrischen Potential.

Von K. Schreber.

Ostwald hat im Jahre 1891 ein Masssystem vorgeschlagen,[1] welches neben den Einheiten von Raum und Zeit als dritte Fundamentaleinheit die der Energie enthält. Ostwald führte damals schon aus, dass nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse die Energie der einzige physikalische Begriff ist, von welchem bei vollständiger Beschreibung irgend einer Naturerscheinung notwendig die Änderung seines Betrages zahlenmässig angegeben werden muss. Es existieren zwar noch andere Begriffe, welche auch bei sämtlichen Naturerscheinungen zu beobachten sind, z. B. die Masse, die elektrostatische Kapazität u. ä., deren Betrag aber für die zahlenmässige Beschreibung gewisser Gruppen von Erscheinungen gleichgültig ist. Es ist deshalb notwendig, als dritte Einheit die der Energie zu wählen.

Man kommt aber, wie Ostwald auch gleich gezeigt hat, mit diesen drei Einheiten nicht aus, vielmehr muss auf jedem der verschiedenen Gebiete der Physik mit Ausnahme der reinen Mechanik noch für einen gerade dem betreffenden Gebiete speciell angehörenden Begriff eine Einheit besonders definiert werden.

Hierin scheint der Grund zu liegen, warum das Ostwaldsche Masssystem nicht die Anerkennung gefunden hat, welche ihm gebührt; denn das im Gebrauch befindliche sogenannte absolute Masssystem behauptet ja gerade mit nur drei fundamentalen Einheiten für die ganze Physik auszukommen. Ostwald hat nun damals schon nachgewiesen, dass diese Behauptung nur scheinbar begründet ist, und ich habe vor kurzem Gelegenheit genommen,[1] zu zeigen, dass gerade das Haupterfordernis, welches man an ein Prinzip notwendig stellen muss, mit dessen Hilfe ein wissenschaftlich begründetes Masssystem definiert werden soll, von diesem sogenannten absoluten Masssystem nicht befriedigt wird.

Dieses Haupterfordernis besteht darin, dass, nachdem einmal das Prinzip aufgestellt, man auf ganz bestimmter, von jeder speciellen Willkür freien Weise zum Masssystem gelangen muss.

Das jetzt gebräuchliche absolute Masssystem lässt nun, wie ich durch einfache mathematische Discussion nachgewiesen habe, unendlich viele einander wissenschaftlich gleichberechtigte elektrische Systeme zu; wie das ja auch durch die Thatsache zum Ausdruck kommt, dass noch immer wieder neue Systeme vorgeschlagen werden. Es ist also das ganze Prinzip des absoluten Masssystems zu verwerfen.

Ein Prinzip, welches den eben aufgestellten Ansprüchen genügt, ist auf dem Gebiete der Wärmeenergie seit lange im Gebrauch. Nach dem Vorgange Lord Kelvins ist man in der Lage, eine Einheit der Temperatur zu definieren, welche ausschliesslich auf Gründen der Wärmelehre beruht: Der Wirkungsgrad eines umkehrbaren Prozesses ist ausschliesslich von der Differenz der Temperaturen abhängig, zwischen denen er vor sich geht. Setzen wir als Einheit

1) Ostwald, Leipziger Berichte 43. 1891, S. 277.

1) Schreber, Wied. Ann. 68. 1899, S. 607.

der Temperatur diejenige fest, für welche der Wirkungsgrad $^1/_2$ beträgt, so erhalten wir eine Temperatureinheit, welche ausschliesslich in der Wärmelehre begründet und unabhängig ist von jeder speciellen Willkür, wie z. B. Wahl des Wassers als Normalstoff u. s. w.[1])

Stellen wir nun allgemein das Prinzip auf: „Die Einheit des Intensitätsfaktors irgend einer nichtmechanischen Energieform erhalten wir durch einen Kreisprozess zwischen zwei Quellen dieser Energieform von verschiedener Intensität, wenn der Zerstreuungsgrad $^1/_2$ beträgt", und vereinigen dieses mit den Ostwaldschen Fundamentaleinheiten, so erhalten wir ein Masssystem, welches auf ganz bestimmte, von aller speciellen Willkür freie Weise zu physikalischen Einheiten führt.

Es ist nun die Aufgabe, derartige Kreisprozesse zu ersinnen und die so definierten wissenschaftlichen Einheiten mit den empirischen zu vergleichen. Der Weg dazu ist auch schon in der Wärmelehre angedeutet: Die im Kreisprozess umgewandelte Energie muss in eine mechanische Energieform umgewandelt werden, welche durch eine Zustandsgleichung mit dem zunächst empirisch gemessenen Intensitätsfaktor der untersuchten Energieform verbunden ist. In der Wärmelehre ist diese Zustandsgleichung die der Gase.

Um die Einheit des elektrischen Potentials zu finden, habe ich zunächst nach einer solchen Zustandsgleichung gesucht. Da die Wärmeenergie zum Volumen in derselben Beziehung steht, wie die elektrische Energie zur Oberfläche, so muss die Oberflächenenergie vom elektrischen Potential abhängig sein. Mensbrugghe hat eine solche Abhängigkeit nicht konstatieren können.[2])

Durch eine höchst empfindliche Differentialmethode, in welcher ein der Töplerschen Drucklibelle nachgebildetes Differentialmanometer zur Anwendung kam, ist es mir gelungen, nachzuweisen, dass bei konstanter Molekularoberfläche zwischen der Oberflächenspannung α von Seifenblasen und dem elektrischen Potential P derselben die Beziehung besteht

$$\alpha = \alpha_0 (1 - c \, . \, P^2) \, .$$

Nimmt man als empirische Einheit des elektrischen Potentials das Volt und als wissenschaftliche Einheit der Oberflächenspannung $Erg\, cm^2$, so ist

$$\frac{1}{c} = 35 \, . \, 10^7 .$$

Ich bin jetzt damit beschäftigt, einen Kreisprozess zu suchen, welcher den oben gestellten Anforderungen genügt, da der dem einfachen Carnotschen nachgebildete: Vergrösserung einer Oberfläche unter Verbindung mit einer Elektricitätsquelle, weitere Vergrösserung bei elektrischer Isolation, Verkleinerung bei Verbindung mit einer zweiten Quelle von Elektricität von geringerer Intensität und schliesslich weitere Verkleinerung bei elektrischer Isolation, bis der Ausgangszustand wieder erreicht ist, aus naheliegenden Gründen zu keinem Umsatz elektrischer Energie führt.

Greifswald, 27. Oktbr. 1899.

(Eingegangen 29. Oktbr. 1899.)

1) Schreber, Mitteilungen des naturw. Vereins Greifswald 29. 1898, S. 45. Wied. Ann. 64. 1898, S. 163.

2) Wiedemann, Elektricität 2. 1883, S. 135.

Methode, die Angaben elektrodynamischer Wattmeter unabhängig zu machen von der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung.

Von Th. Des Coudres.

Die durch Gleichstromaichung nach der Formel

$$P = E \, . \, J = C \, . \, W_v \, . \, \alpha \text{ Watt}$$

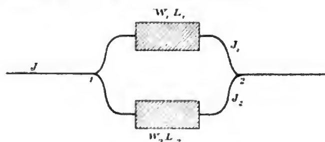
(P Leistung, E Spannung, J Hauptstromstärke, W_v Widerstand der Spannungsleitung, α Dynamometerablesung) erhaltene Wattmeterkonstante

$$C = \frac{E \, . \, J}{W_v \, . \, \alpha}$$

bedarf bei Verwendung des Instrumentes für Wechselstrom wegen der Selbstinduktion der Nebenschlussspule einer zwiefachen Korrektion. Einmal tritt an Stelle von W_v der Wechselstromwiderstand $\sqrt{W_v^2 + (2\pi n L_v)^2}$ und der Spannungsleitungsstrom fällt zu schwach aus, sodann bleibt er um den Winkel $\delta = arctg \frac{2\pi n L_v}{W_v}$ hinter der Spannung zurück und die Phasenverschiebung χ zwischen Strom und Spannung des Arbeit leistenden Stromteiles wird im Wattmeter zur Phasenverschiebung $\chi - \delta$ zwischen Amperestrom und Voltstrom. Der erste Korrektionsfaktor ist $\frac{1}{\cos \delta}$, der andere $\frac{\cos \chi}{\cos (\chi - \delta)}$. Den Gesamtkorrektionsfaktor $F = \frac{1 + tg^2 \delta}{1 + tg \, \delta \, tg \, \chi}$, wie man ihn meist schreibt, experimentell zu beseitigen, ist Blathky und Fleming nur durch Vorrichtungen gelungen, die wegen ihrer Kompliziertheit praktisch kaum Verwendung gefunden haben.

Günstiger gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir einen bei konstanter Frequenz konstanten kleinen Korrektionsfaktor zulassen und nur den Fehler $\frac{\cos (\chi - \delta)}{\cos \chi}$ in Wegfall bringen wollen. Es verlohnt sich das, da dieser Fehler auch bei kleinem φ gross werden kann und vor allem, da die Phasenverschiebung χ zwischen Strom und Spannung im äusseren Stromkreise ja von vornherein unbekannt ist.

Wir versuchen den Hauptstrom $\mathfrak{J}$ vor Eintritt in die Amperewickelung des Dynamometers so zu verzweigen, dass der durch das Wattmeter fliessende Teil $\mathfrak{J}_1$ in der Phase hinter $\mathfrak{J}$ um δ, das heisst um ebensoviel zurückbleibt, wie der Strom in der Spannungsspule hinter der Spannung. Durch passende Wahl der Widerstände W_1, W_2 und der Selbstinduktionen L_1, L_2 beider Zweige ist das in der That möglich.[1])



$\mathfrak{J}_1$ bleibt hinter der Potentialdifferenz zwischen den Punkten 1 und 2 um

$$\vartheta_1 = arctg \frac{2\pi n L_1}{W_1} \quad \text{zurück.}$$

$\mathfrak{J}_2$ um

$$\vartheta_2 = arctg \frac{2\pi n L_2}{W_2}$$

$\mathfrak{J}_3$ um

$$\vartheta = arctg \frac{\dfrac{2\pi n L_1}{W_1^2 + (2\pi n L_1)^2} + \dfrac{2\pi n L_2}{W_2^2 + (2\pi n L_2)^2}}{\dfrac{W_1}{W_1^2 + (2\pi n L_1)^2} + \dfrac{W_2}{W_2^2 + (2\pi n L_2)^2}}$$

daraus folgt die Phasendifferenz der Ströme $\mathfrak{J}_2$ und $\mathfrak{J}$

$$\vartheta_1 - \vartheta = arctg \frac{W_2 . 2\pi n L_1}{W_1 W_2 + W_2^2 (2\pi n)^2 L_1 L_2 + (2\pi n L_2)^2}$$

und dies wird gleich

$$\delta = arctg \frac{2\pi n L_v}{W_v},$$

wenn einerseits

$$L_2 = O$$

und ausserdem

$$\frac{L_v}{W_v} = \frac{L_1}{W_1 + W_2}$$

erfüllt ist. Wir haben den Nebenschluss zur Amperespule möglichst selbstinduktionsfrei und so gross zu wählen, dass sich die Selbstinduktion der Amperewindungen zur Summe des Widerstandes von Amperewindungen und Nebenschluss verhält, wie die Selbstinduktion der Spannungsleitung zu deren Widerstand. Alsdann fällt die Korrektion wegen der Phasenverschiebung δ zwischen Spannung und Strom der Spannungsleitung fort und zwar für beliebiges n. Die Angaben unseres Instrumentes werden proportional

$$\mathfrak{J}_1 . E \cos \chi \cos \delta,$$

statt proportional

$$\mathfrak{J} . E \cos \chi.$$

Es bliebe noch der Korrektionsfaktor anzubringen

$$\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}_1} \frac{1}{\cos \delta} = \frac{1}{\cos^2 \delta \left(1 - tg \delta \dfrac{W_1}{2\pi n L_1}\right)}$$

wofür bei hinreichend kleinem W_1 meist

$$\frac{1}{(\cos \delta)^2}$$

wird gesetzt werden dürfen.

(Eingegangen 31. Oktbr. 1899.)

1) Aus Anlass der Anmeldung der angegebenen Methode zum Patente für technische Arbeitsmesser und -Zähler, teilt mir Herr G. Hummel mit, dass er diese Spaltung bereits im Jahre 1895 zum gleichen Zwecke ausgeführt hat. Doch ist wohl nichts darüber veröffentlicht worden.

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.

Von Ludwig Boltzmann.

(Fortsetzung.)

Ausser den die Körper zusammensetzenden ponderablen Atomen nahm man nämlich noch das Vorhandensein eines zweiten, aus weit feineren Atomen bestehenden Stoffes, des Lichtäthers, an und konnte durch regelmässige Transversalwellen des letzteren fast alle Lichterscheinungen erklären, die früher Newton der Emanation besonderer Lichtteilchen zugeschrieben hatte. Einige Schwierigkeiten blieben freilich noch, wie das gänzliche Fehlen longitudinaler Wellen im Lichtäther, welche doch in allen ponderablen Körpern nicht nur vorkommen, sondern dort geradezu die Hauptrolle spielen.

Unsere Kenntnis von Thatsachen auf dem Gebiete der Elektricität und des Magnetismus war durch Galvani, Volta, Oerstedt, Ampère und viele andere enorm erweitert und durch Faraday zu einem gewissen Abschlusse gebracht worden. Letzterer hatte mit verhältnismässig geringen Mitteln eine solche Fülle neuer Thatsachen gefunden, dass es lange schien, als ob sich die Zukunft nur noch auf die Erklärung

und praktische Anwendung aller dieser Entdeckungen werde beschränken müssen.

Als Ursache der Erscheinungen des Elektromagnetismus hatte man sich schon lange besondere elektrische und magnetische Flüssigkeiten gedacht. Ampère gelang die Erklärung des Magnetismus durch molekulare elektrische Ströme, wodurch die Annahme magnetischer Flüssigkeiten entbehrlich wurde, und Wilhelm Weber vollendete die Theorie der elektrischen Fluida, indem er sie so ergänzte, dass alle bis dahin bekannten Erscheinungen des Elektromagnetismus daraus in einfacher Weise erklärbar waren. Er dachte sich zu diesem Behufe die elektrischen Fluida gerade so aus kleinsten Teilchen bestehend, wie die ponderablen Körper und den Lichtäther, und zwischen den Elektricitätsteilchen auch ganz analoge Kräfte wirkend, wie zwischen denen der übrigen Stoffe, nur mit der unwesentlichen Modifikation, dass die zwischen je zwei Elektricitätsteilchen wirkenden Kräfte auch von ihrer relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängen sollten.

Während man daher in den ersten Zeiten ausser dem greifbaren Stoffe noch einen Wärmestoff, Lichtstoff, zwei magnetische, zwei elektrische Fluida etc. angenommen hatte, reichte man jetzt mit dem ponderablen Stoffe, dem Lichtäther, und den elektrischen Flüssigkeiten aus. Jeden dieser Stoffe dachte man sich bestehend aus Atomen, und die Aufgabe der Physik schien sich für alle Zukunft darauf zu reduzieren, das Wirkungsgesetz der zwischen je zwei Atomen thätigen Fernkraft festzustellen und dann die aus allen diesen Wechselwirkungen folgenden Gleichungen unter den entsprechenden Anfangsbedingungen zu integrieren.

Dies war die Entwickelungsstufe der theoretischen Physik beim Beginne meiner Studien. Was hat sich seitdem alles verändert! Fürwahr, wenn ich auf alle diese Entwickelungen und Umwälzungen zurückschaue, so erscheine ich mir wie ein Greis an Erlebnissen auf wissenschaftlichem Gebiete! Ja, ich möchte sagen, ich bin allein übrig geblieben von denen, die das Alte noch mit voller Seele umfassten, wenigstens bin ich der einzige, der noch dafür, soweit er es vermag, kämpft. Ich betrachte es als meine Lebensaufgabe, durch möglichst klare, logisch geordnete Ausarbeitung der Resultate der alten klassischen Theorie, soweit es in meiner Kraft steht, dazu beizutragen, dass das viele Gute und für immer Brauchbare, das meiner Überzeugung nach darin enthalten ist, nicht einst zum zweitenmal entdeckt werden muss, was nicht der erste Fall dieser Art in der Wissenschaft wäre.

Ich stelle mich Ihnen daher vor als einen Reaktionär, einen Zurückgebliebenen, der gegenüber den Neueren für das Alte, Klassische schwärmt; aber ich glaube, ich bin nicht borniert, nicht blind gegen die Vorzüge des Neuen, dem im folgenden Teile meines Vortrages Gerechtigkeit widerfahren soll, soweit mir dies möglich ist; denn ich weiss wohl, dass ich, wie jeder, die Dinge durch meine Brille subjektiv gefärbt sehe.

Der erste Angriff auf das geschilderte wissenschaftliche System erfolgte gegen dessen schwächste Seite, die Webersche Theorie der Elektrodynamik. Diese ist gewissermassen die Blüte der Geistesarbeit dieses genialen Forschers, der sich durch seine zahlreichen, in den elektrodynamischen Massbestimmungen und anderwärts niedergelegten Ideen und experimentellen Resultate die unsterblichsten Verdienste um die Elektricitätslehre erworben hat. Sie trägt jedoch bei allem Scharfsinne und aller mathematischen Feinheit so sehr das Gepräge des Gekünstelten, dass wohl stets nur wenige begeisterte Anhänger an ihre unbedingte Richtigkeit glaubten. Gegen sie wandte sich Maxwell unter rückhaltlosester Anerkennung der Verdienste Webers.

Die Arbeiten Maxwells kommen hier für uns in zweifacher Weise in Betracht: 1. der erkenntnistheoretische Teil derselben, 2. der speciell physikalische. In erster Beziehung warnte Maxwell davor, eine Naturanschauung bloss aus dem Grunde für die einzig richtige zu halten, weil sich eine Reihe von Konsequenzen derselben in der Erfahrung bestätigt hat. Er zeigt an vielen Beispielen, wie sich oft eine Gruppe von Erscheinungen auf zwei total verschiedene Arten erklären lässt. Beide Erklärungsarten stellen die ganze Erscheinungsgruppe gleich gut dar. Erst wenn man neuere, bis dahin unbekannte Erscheinungen zuzieht, zeigt sich der Vorzug der einen vor der anderen Erklärungsart, welche erstere aber vielleicht nach Entdeckung weiterer Thatsachen einer dritten wird weichen müssen.

Während vielleicht weniger die Schöpfer, als besonders die späteren Vertreter der alten klassischen Physik prätendierten, durch diese die wahre Natur der Dinge erkannt zu haben, so wollte Maxwell seine Theorie als ein blosses Bild der Natur aufgefasst wissen, als eine mechanische Analogie, wie er sagte, welche im gegenwärtigen Augenblicke die Gesamtheit der Erscheinungen am einheitlichsten zusammenzufassen gestattet. Wir werden sehen, wie einflussreich diese Stellungnahme Maxwells auf die weitere Entwickelung der Theorie wurde. Maxwell verhalf diesen theoretischen Ideen sofort zum Siege durch seine praktischen Erfolge.

Wir sahen, dass alle damals bekannten elektromagnetischen Erscheinungen erklärt waren

durch die Webersche Theorie, welche die Elektricität aus Teilchen bestehen liess, die ohne alle Vermittelung direkt in beliebige Entfernungen aufeinander wirken. Angeregt durch die Ideen Faradays, entwickelte nun Maxwell eine vom entgegengesetzten Standpunkte ausgehende Theorie. Nach dieser wirkt jeder elektrische oder magnetische Körper nur auf die unmittelbar benachbarten Teilchen eines den ganzen Raum erfullenden Mediums, diese dann wieder auf die anliegenden Teilchen des Mediums, bis sich die Wirkung zum nächsten Körper fortgepflanzt hat.

Die bisher bekannten Erscheinungen wurden von beiden Theorien gleich gut erklärt; aber die Maxwellsche griff über die alte Theorie hinaus. Nach der ersteren mussten, sobald es nur gelang, genügend rasch verlaufende Elektricitätsbewegungen zu erzeugen, durch diese im Medium Wellenbewegungen hervorgerufen werden, welche genau die Gesetze der Lichtwellenbewegung befolgen. Maxwell vermutete daher, dass in den Teilchen leuchtender Körper beständig rapide Elektricitätsbewegungen vor sich gehen, und dass die hierdurch im Medium erregten Schwingungen eben das Licht sind. Das die elektromagnetischen Wirkungen vermittelnde Medium wird dadurch identisch mit dem schon früher erforderlichen Lichtäther, und wir können ihm daher wohl wieder diesen Namen beilegen, obwohl es vielfach andere Eigenschaften haben muss, um zur Vermittelung des Elektromagnetismus tauglich zu sein.

Warum man bei den bisherigen Versuchen über Elektricität keine derartigen Schwingungen bemerken konnte, lässt sich vielleicht in folgender Weise anschaulich machen. Wir wollen die flache Hand an ein ruhendes Pendel anlegen, langsam senkrecht zur Pendelstange, das Pendel hebend, nach derjenigen Seite bewegen, wo dieses anliegt, dann wieder zurück und schliesslich nach der anderen Seite ganz entfernen. Das Pendel macht, der Hand folgend, eine halbe Schwingung, aber es schwingt nicht weiter, weil die ihm erteilte Geschwindigkeit zu klein ist. Ein anderes Beispiel! Die Theorie nimmt an, dass beim Zupfen einer Saite ein Punkt der Saite aus der Ruhelage entfernt und dann plötzlich die ganze Saite sich selbst überlassen wird. Ich glaubte das als Student nicht, sondern meinte, der Zupfende müsse der Saite noch einen besonderen Stoss erteilen; denn wenn ich die Saite zuerst mit dem Finger ausbog und dann diesen in der Richtung, in der die Saite schwingen sollte, rasch entfernte, blieb diese stumm. Ich übersah, dass ich den Finger im Verhältnisse zur Raschheit der Saitenschwingungen viel zu langsam bewegte und so diese selbst aufhielt.

Gerade so wurden bei den bisherigen Versuchen die elektrischen Zustände im Vergleiche mit der enormen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität, immer verhältnismässig viel zu langsam in andere übergeführt. Hertz fand nun nach mühevollen Vorversuchen, deren leitenden Gedankengang er selbst in der unbefangensten Weise schildert, gewisse Versuchsbedingungen, unter denen elektrische Zustände so rasch periodisch geändert werden, dass beobachtbare Wellen entstehen. Wie alles Geniale sind dieselben äusserst einfach. Trotzdem kann ich hier selbstverständlich auch auf diese einfachen experimentellen Einzelheiten nicht eingehen. Die so von Hertz unzweifelhaft durch elektrische Entladungen erzeugten Wellen unterscheiden sich, wie Maxwell vorausgesagt hatte, qualitativ nicht im mindesten von den Lichtwellen. Aber wie gross ist der quantitative Unterschied!

Wie beim Schalle die Tonhöhe, so wird beim Lichte bekanntlich die Farbe durch die Schwingungszahl bestimmt. Im sichtbaren Lichte sind etwa 400 Billionen Schwingungen in der Sekunde im äussersten Rot, 800 Billionen im äussersten Violett die extremsten Schwingungszahlen. Man hatte schon lange ganz gleichartige Ätherwellen entdeckt, wobei bis etwa 20 mal weniger als im äussersten Rot und bis etwa dreimal so viel Schwingungen in der Sekunde als im äussersten Violett erfolgen. Sie sind für das Auge unsichtbar; aber die ersteren, die sogenannten ultraroten, durch ihre Wärmewirkung, die letzteren, die ultravioletten, durch chemische und phosphorescenzerzeugende Wirkung erkennbar. In den von Hertz durch wirkliche Entladung erzeugten Wellen erfolgten in der Sekunde nicht mehr als etwa 1000 Millionen Schwingungen, und Hertz' Nachfolger kamen bis etwa auf das Hundertfache.

Dass Schwingungen, die im Verhältnisse zu den Lichtschwingungen so langsam geschehen, nicht direkt mit dem Auge gesehen werden können, ist selbstverständlich. Hertz wies sie durch mikroskopisch kleine Fünkchen nach, die sie sogar in grossen Entfernungen in passend geformten Leitern erzeugen. Letztere könnte man daher als Augen für Hertzsche Schwingungen bezeichnen. Mit diesen Mitteln bestätigte Hertz die Maxwellsche Theorie bis ins kleinste Detail und, wiewohl man versuchte, auch aus der Fernwirkungstheorie zu elektrischen Schwingungen zu gelangen, so war doch die Überlegenheit der Maxwellschen Theorie bald niemandem mehr zweifelhaft, ja wie Pendel nach der entgegengesetzten Seite über die Ruhelage hinausgehen, so sprachen schliesslich die Extremsten von der Verfehltheit aller Anschauungen der alten klassischen Theorie der Physik. Doch davon später! Vorher wollen wir noch ein wenig bei diesen glänzenden Entdeckungen verweilen.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

A. Binz und Aug. Hagenbach, Über reduzierende Wirkung elektrolytisch abgeschiedener Metalle. (Vorgetragen von Hagenbach.)

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, warum nascierender Wasserstoff, elektrolytisch unter verschiedenen Umständen entwickelt, ungleich rasch reduziert. Als zu reduzierende Substanzen dienten Farbstoffe (Diaminreinblau, Patentblau und Ponçeau) in alkalischer und neutraler Lösung. Es wurden immer in demselben Stromkreise zwei verschiedene Zellen miteinander verglichen, deren Inhalt während der Versuche durch gleichgehende Rührwerke in Bewegung gehalten wurde. Die Versuche ergaben, dass die Reduktionswirkung (durch Entfärbung der Lösung gemessen) immer rascher verlief, wenn man aus der Kali- oder Natronlauge das Metall so abschied, dass es von der Quecksilberkathode aufgenommen, d. h. wenn das Metall nicht vom Wasser zersetzt wurde. Dieser Unterschied in der Reduktionswirkung wurde bei geringeren Stromstärken immer ein bedeutender. Die wahrscheinlichste Erklärung hierfür ist die, dass die Metalle selbst sich an der Reduktion beteiligen, d. h. dass die Metalle selbst in die Verbindung eintreten und zwar leichter wie Wasserstoff und dadurch die Reaktion beschleunigen. Während bei Kalium und Natrium diese Wirkung chemisch noch sehr plausibel erscheint, so ist es doch schon auffallender, dass Zink aus Zinkoxyd-Kalilösung an Quecksilber abgeschieden ebenfalls sehr viel stärker reduziert, wie Kalium an einer Kupfer- oder Platinkathode. Auch hier ist die beste Erklärung die direkte Metallwirkung des Zinks. Diese Beteiligung der Metalle selbst an der Reduktion dürfte viele von den beobachteten Unterschieden erklären.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 27. Septbr. 1899.)

Discussion (von den Beteiligten durchgesehen).

J. Tafel (Würzburg). Bei Arbeiten über den Verlauf elektrolytischer Reduktionen in schwefelsaurer Lösung, über welche ich vor der chemischen Sektion vorgetragen habe, welche aber die eben gehörten wenig berühren, weil ich mit hohen, Herr Hagenbach mit sehr niederen Stromstärken gearbeitet hat, habe ich mir, als die anscheinend einfachste, folgende Ansicht über das Wesen solcher Reduktionen gebildet. Ich nehme an, dass die Reduktion innerhalb der Flüssigkeit erfolgt, und zwar an einer Grenzschicht an der Kathode, deren Dimensionen durch die Bedingung bestimmt sind, dass in ihr die Ionen die Möglichkeit haben müssen, ihre Ladung an die Kathode abzugeben. Innerhalb dieser Flüssigkeitsschicht ist der Reduktionsverlauf ausschliesslich durch Reaktionskonstante und durch die Konzentrationen der Agentien bestimmt, als welche der zu reduzierende Körper, andererseits die reduzierenden Ionen, seien es nun Wasserstoff- oder Metallionen, auftreten. Damit würde jede Schwierigkeit der Erklärung verschiedener Reduktionswirkung bei An- oder Abwesenheit von Zinkionen ebenso entfallen, wie die mehrfach hervorgehobene der Erklärung kräftig reduzierender Wirkungen in alkalischer Lösung.

v. Öttingen (Leipzig). Es ist gesagt worden, dass die Reduktion stattfindet durch die Wirkung von Metallen. Ich denke, wir dürfen solche Substanzen nicht Metalle nennen, sondern Ionen.

Binz (Bonn). Das Wesen unserer Versuche bestand darin, dass wir in hintereinander geschalteten Zellen äquivalente Mengen abschieden, und zwar bei verschiedenen Stromstärken und verschiedener Konzentration der Reagentien. Auf diese Weise wurde eine von den Reaktionsbedingungen unabhängige Vergleichung der Metallwirkung und Wasserstoffwirkung ermöglicht, wobei die erstere stets überwog. Zu bemerken ist noch, dass die Reduktion durch Metalle bei solchen Körpern erfolgte, die dabei keinen Sauerstoff abgeben. Man muss daher, falls unsere Auffassung die richtige ist, auf das Entstehen metallhaltiger Zwischenprodukte schliessen.

Personalien.

Als Nachfolger von Lord Kelvin, der von seiner Lehrthätigkeit zurückgetreten ist, auf dem Lehrstuhl der Natural-Philosophy an der Universität Glasgow ist Prof. Andrew Gray bestimmt worden.

A.-o. Prof. Dr. H. Ambronn von der Universität Leipzig wurde zum a.-o. Professor an der Universität Jena ernannt. Ambronn, der das Fach der Mikroskopie vertritt, ist zugleich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Firma Karl Zeiss in Jena eingetreten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 18. November 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ostwaldschen Reaktionskurven von Chrom.

Von L. Wulff, Schwerin i. M.

Als bei Gelegenheit des betreffenden Vortrages auf der Münchener Naturforscherversammlung[1]) die Streifen mit den Reaktionskurven des Chrom unter den Zuhörern herumgegeben wurden, fiel mir auf, dass dieselben nicht auf eine einfache periodische Änderung hinwiesen, sondern auf Vorgänge zweierlei Natur. Die stark aufsteigenden Teile der Kurve erschienen einheitlich, aber an den langsam aufsteigenden Teilen war stets auf den drei Streifen, wenn auch verschieden stark, deutlich sekundäre Wellenbildung zu erkennen, etwa wie in nebenstehender Figur angegeben ist. Sollte die Kurvenform immer so beschaffen sein, so wäre der Vorgang wohl auf eine Kombination von Wirkungen



zurückzuführen, deren eine noch wieder weit kürzere Perioden zeigt. Das Fehlen der sekundären Wellenbildung auf dem Wellenteil mit starker Neigung könnte allerdings nur scheinbar sein, weil in stark auf- oder absteigenden Kurventeilen kleine sekundäre Wellen nicht so deutlich zu erkennen sind. Es wäre deshalb interessant, wenn die Kurven auch auf einem 2—3 mal schneller fortschreitenden Streifen entworfen würden, so dass die Neigung der Wellenteile dann vermindert würde, um zu entscheiden, ob beiderseits vom Wellenberge sekundäre Wellen auftreten.

In Bezug auf die Annahme der Doppelnatur des Chrom will ich noch darauf hinweisen, dass bei vielen Chromsalzen, z. B. bei Chromalaun, zweierlei Lösungen bekannt sind, die sich wesentlich anders verhalten, wie es bei anderen Substanzen der Fall ist. Von den beiden Lösungen ist nur eine schnell krystallbildend, die andere geht erst allmählich (nach anderweitigen Angaben erst vollständig nach 8 Jahren) in die krystallisationsfähige Lösung über. Deshalb ist die Erklärung, es handle sich hierbei um Lösungen von Hydraten mit verschiedenem Wassergehalt, nicht allgemein anerkannt worden. Es könnte ja vielleicht diese eigenartige Doppelnatur mit der etwaigen Doppelnatur des Chrom zusammenhängen, und wäre es gewiss interessant zu untersuchen, ob sich die beiden Chrommodifikationen gegen die verschiedenen Lösungen desselben Chromsalzes verschieden verhalten.

Weil die Zeit sehr knapp war bei der Discussion, nahm ich davon Abstand, diese Fragen in München zur Sprache zu bringen.

München, 22. September 1899.

(Eingegangen 23. Septbr. 1899.)

1) Vgl. dieses Heft S. 87.

Widerstand des Wismut im veränderlichen magnetischen Felde.

Von W. Eichhorn.

Die Veränderlichkeit des Wismutwiderstandes im magnetischen Felde und die Verwendung der Wismutspirale zur Bestimmung der Feldstärke legt die Frage nahe, ob das Wismut den der jeweiligen Feldstärke entsprechenden Widerstand augenblicklich annimmt oder dazu eine gewisse Zeit braucht, also eine Art Hysteresis zeigt.

Die Frage wurde untersucht mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brückenkombination, indem der Widerstand einer Wismutspirale (in der bekannten Konstruktion von Hartmann und Braun) an einer bestimmten Stelle ruhend in einem magnetischen Felde und an derselben Stelle

bei schnellem Hindurchschlagen durch das Feld bestimmt wurde. Eine Hartgummischeibe *S* (Fig. 1) trug die Wismutspirale *Sp*, welche den einen Zweig der Brücke bildete. Gerade gegenüber von der Spirale war auf der Scheibe ein Kontaktplättchen *C* eingelassen, welches beim Hindurchgehen zwischen den metallischen Federn *ff* den Messstrom des Elementes *e* schloss. Wurde die Spirale auf eine bestimmte Stelle des magnetischen Feldes (erzeugt durch den Elektromagneten *M*), zwischen dessen Polen sie rotierte, eingestellt und die Federn *f* bis auf *C* verschoben, so dass der Messstrom in dieser Stellung der Spirale geschlossen war, so ergab sich der Widerstand der Spirale ruhend im Feld. Wurde dann die Scheibe *S* mit der Spirale um die Achse *A* gedreht, so ergab sich der Widerstand an derselben Stelle des Feldes für die bewegte Spirale. Es war also dasselbe Verhältnis, als wenn die Spirale an eine ihrer Feldstärke und dem dadurch bedingten Wismutwiderstande nach genau bestimmte Stelle eines schnell veränderlichen magnetischen Feldes gebracht wurde. Es fragte sich nun, ob der Widerstand der bewegten Spirale (d. h. bei schnell bis zu einer bestimmten Höhe anwachsendem Felde) gleich dem Widerstande der ruhenden Spirale (d. h. bei konstanter Feldstärke) an derselben Stelle sei.

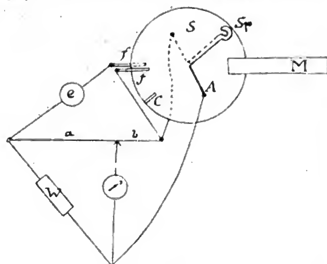


Fig. 1

Da bei den Beobachtungen mit rotierender Scheibe der Messstrom bei jeder Umdrehung nur während ganz kurzer Zeit geschlossen war, so musste seine Insensität verstärkt werden, um die gleiche Galvanometerempfindlichkeit zu erreichen, wie bei der Messung mit konstantem Strome (Trockenelement). Zugleich aber musste der Nachweis geliefert werden können, dass die Messungen mit schwachem konstanten und starkem unterbrochenen Strom übereinstimmten und nicht etwa eine Störung z. B. durch die Joulesche Wärme des starken Messstromes einträte. Zu diesem Zwecke wurde auf der Achse *A* eine zweite Scheibe *K*, gegen *S* beliebig verstellbar, angebracht, welche statt *S* das Kontaktplättchen *C* trug und zwischen den Federn *f* lief. Die Zuleitung zur Spirale führte isoliert durch die Achse *A* beider Scheiben. Wurde jetzt *S* durch eine Klemmschraube *r* in einer bestimmten Stellung im Felde festgehalten und *K* auf Kontakt gestellt, so konnte der schwache Messstrom benutzt werden, um den Widerstand der ruhenden Spirale zu bestimmen. Ebenso aber konnte die Scheibe *K* jetzt für sich allein gedreht werden. Sie schloss jedesmal für einen Augenblick den jetzt eingeschalteten, bei weitem stärkeren Strom des Elementes *E* (30 Volt), der durch die Unterbrechungen hinreichend abgeschwächt wurde. Es ergab sich, dass die Messungen mit konstantem und unterbrochenem Strome genau übereinstimmten, letztere also zuverlässig und zugleich sehr empfindlich waren.

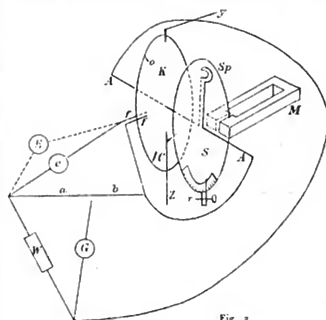


Fig. 2.

Endlich konnten beide Scheiben zugleich in einer festen Stellung gegeneinander rotieren und es ergab sich mit Hilfe des unterbrochenen Stromes der Widerstand für dieselbe Stelle des bewegten Feldes.

Das Durchschlagen der Spirale durch das Feld erzeugte zwei entgegengesetzt gleiche Induktionsströme, da die parallel liegenden Drähte der Spirale eine kleine Fläche einschlossen, welche Kraftlinien schnitt. Also musste eine Kompensationsschleife eingeschaltet werden, welche gleichzeitig mit der Spirale durchs Feld ging und so verschoben werden konnte, dass sie die Induktionswirkung gerade aufhob. Die Kompensation war für jede Stelle des Feldes besonders zu bewirken, war unabhängig von der Umdrehungszahl und gelang stets vollkommen.

Das Verfahren war nun folgendes: Zuerst wurde die Spirale bei annähernder Kompensation mit Hilfe einer an der Scheibe *S* angebrachten Teilung an einer genau bestimmten

Stelle des Feldes festgestellt und der Widerstand ruhend bestimmt, wobei K so auf A festgeklemmt sein musste, dass C die Federn f berührte. Dann wurde durch Drehen die Kompensation für diese Stelle geprüft und genau herbeigeführt, hieraufdie Widerstandsbestimmung an der betr. Stelle ruhend mit konstantem Strome wiederholt. Jetzt begann, ohne dass an der gegenseitigen Stellung von S und K etwas geändert war, die Rotation, wobei E eingeschaltet wurde, und so ergab sich der Widerstand der bewegten Spirale bei einer bestimmten Umdrehungszahl genau an der früheren Stelle des Feldes mit Hilfe des starken unterbrochenen Stromes. Zum Schlusse wurde die Widerstandsbestimmung der ruhenden Spirale mit konstantem Strome und schliesslich auch mit unterbrochenem Strome (indem nur S rotierte) wiederholt.

Es ergab sich

I. eine Verschiedenheit des Widerstandes der ruhenden und bewegten Spirale an den verschiedenen Stellen des Feldes, nämlich

1. Vor der Mitte des Feldes blieb der Widerstand der bewegten Spirale hinter dem der ruhenden zurück.

2. In der Mitte des Feldes — oder etwas hinter derselben — waren beide Widerstände gleich.

3. Hinter der Mitte des Feldes war der Widerstand der bewegten Spirale grösser als der der ruhenden.

4. In noch grösserer Entfernung von der Mitte wurden beide Widerstände wieder gleich.

II. Abhängigkeit der Differenz der beiden Widerstände von der Umdrehungszahl, nämlich

1. Vor der Mitte des Feldes nahm der Widerstand der bewegten Spirale gegen den der ruhenden an ein und derselben Stelle bei wachsender Umdrehungszahl asymptotisch ab bis zu einem Minimum.

2. Hinter der Mitte nahm der Widerstand der bewegten Spirale gegen den der ruhenden bei wachsender Umdrehungszahl asymptotisch zu bis zu einem Maximum.

Als Beleg mögen folgende Zahlen dienen:

ad I: Der Widerstand der Spirale betrug im unmagnetischen Felde 35,57 Ω. Dann wurde z. B. ermittelt

	Stelle des Feldes (willk. Skala)	Widerstand ruhend	wahre Feldstärke	Widerstand bewegt	scheinbare Feldstärke	Unterschied der scheinb. u. wahren Feldstärke
vor der Mitte	77	44.87	6450	43.70	5800	— 10,1 %
in der Mitte	70	47.39	7750	47.45	7775	+ 0.3 %
hinter d. Mitte	67	44.36	6100	45.26	6800	+ 14,8 %

ad II: An ein und derselben Stelle des Feldes (77) von der wahren Feldstärke 8900 ergab sich bei n Umdrehungen der Scheibe pro *sec*, was einem Ansteigen des Feldes von 0 auf 8900 in $t = 0{,}06/n$ *sec* entsprach, die scheinbare Feldstärke um p Proz. kleiner als die wahre:

n	t	scheinbare Feldstärke	p
0	∞	8900	0
1	0,06	8650	2,8
2	0,03	8450	5,0
3	0,02	8250	7,2
4	0,015	8200	7,9
10	0,006	8215	7,7
15	0,004	8245	7,5

Von kleinen Unsicherheiten des Beobachtungsmaterials abgesehen, welche z. B. auch die geringe scheinbare Zunahme der Feldstärken bei den grössten Rotationsgeschwindigkeiten erklären dürften, scheint aus den erhaltenen Zahlen zu folgen

1. dass der Widerstand des Wismut beim Übergange von einem schwachen in ein starkes Feld hinter dem zu erwartenden zurückbleibt,

2. dass beim umgekehrten Gange der Widerstand über den zu erwartenden hinausgeht,

3. dass der Betrag der Widerstandsänderung (bis zu einem gewissen Zeitminimum) von der Zeit abhängt, in welcher die Änderung des Feldes erfolgt.

Aus den angegebenen Zahlen folgt weiter, dass, wie bekannt, die Wismutspirale zur Bestimmung der Stärke konstanter magnetischer Felder unter allen Umständen brauchbar ist (da ja das der Feldstärke entsprechende Maximum des Widerstandes schliesslich stets erreicht wird), dass dagegen die Spirale zur Bestimmung von Momentanwerten in schnell wechselnden Feldern (mit Hilfe einer Joubertschen Phasenscheibe) nicht ohne weiteres verwandt werden kann.

Zum Schlusse sei darauf hingewiesen, dass, falls in den Beobachtungsresultaten nicht bisher übersehene, etwa aus der Versuchsanordnung entspringende Fehlerquellen zu Tage treten sollten, die mitgeteilten Erscheinungen sich am einfachsten durch die Annahme erklären, dass das Wismut eine Art viskose Hysteresis des Widerstandes zeigt.

Ein ausführlicher Bericht folgt später in Wiedemanns Annalen.

Göttingen (Phys. Inst.), Oktbr. 1899.

(Eingegangen 31. Oktbr. 1899.)

Über die Wärmeentwickelung durch Foucaultsche Ströme bei sehr schnellen Schwingungen.[1])

Von Ignaz Klemenčič.

Entladet man eine Leydener Flasche durch ein Solenoid, so erhält man bekanntlich unter

1) Vgl. Sitzungsbericht der K. Akad. der Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. CVIII, Mai 1899, S. 568.

Umständen im Innern des Solenoids ein rasch wechselndes magnetisches Feld. Bringt man einen Leiter in ein solches Feld, so werden in ihm Ströme induziert, durch welche eine Wärmeentwickelung bedingt ist. Eine einzige Entladung genügt allerdings nicht, um eine gut beobachtbare Wärmeentwickelung hervorzubringen; man muss deren mehrere aufeinanderfolgen lassen, wie dies mittels eines zur Ladung der Leydener Flasche verwendeten Induktoriums leicht geschehen kann. Insbesondere aber eignet sich hierzu ein Induktorium mit einem Wehnelt-Unterbrecher. In diesem Falle giebt eine Leydener Flasche von der Grösse der Massflaschen, welche durch ein Solenoid von etwa 10—15 cm Länge und 3—5 Windungen pro Längeneinheit entladen wird, ganz bemerkenswerte Wirkungen. Eine Quecksilber-Thermometerkugel, in das Innere des Solenoids gebracht, zeigt in 10—20 Sekunden einen Temperaturanstieg von mehreren Graden. Bei einem Induktorium von 10—15 cm Schlagweite waren z. B. folgende Resultate zu verzeichnen, wenn im Primärkreise 20 Accumulatoren eingeschaltet waren. Es zeigte bei einer Schliessungsdauer des Primärstromes von 5 Sekunden:

Eine Thermometerkugel von 1,85 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 0,92°.

Eine Thermometerkugel von 1,54 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 0,97°.

Eine Thermometerkugel von 1,19 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 1,43°.

Eine Thermometerkugel von 0,98 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 1,70°.

Die Erwärmung nimmt mit abnehmendem Durchmesser zu, was sich aus dem hauptsächlich oberflächlichen Verlaufe der induzierten Ströme erklären lässt.

Ferner wurde die Erwärmung verschieden dicker Eisendrähte untersucht. Zu diesem Zwecke verfertigte ich mir drei nahezu gleiche Alkoholthermometer mit cylindrischem Gefässe. Für die Anfertigung eines solchen Thermometers wurde eine cylindrische Glasröhre von 4 mm innerer Weite benutzt, an welche eine Kapillare angeschmolzen war. Das andere Ende der cylindrischen Röhre war ein wenig ausgezogen und zunächst offen. Hier wurden die Eisendrähte in das Thermometergefäss gebracht, hierauf das ausgezogene Ende zugeschmolzen und das Thermometer mit Alkohol gefüllt.

Thermometer A enthielt einen 98 mm langen und 0,58 mm dicken, weichen Eisendraht vom Gewichte 0,18 g. Das Thermometergefäss enthielt 1,07 g Alkohol. Dieses Thermometer zeigte in 5 Sekunden einen Temperaturanstieg von 0,48°. Es berechnet sich daraus für die Volumeneinheit des Eisens und für die Sekunde eine Wärmeentwickelung von 2,6 Cal. oder eine Arbeitsleistung von 109×10^6 Erg.

Thermometer B enthielt 10 weiche Eisendrähte von 0,205 g Gesamtgewicht. Dicke eines einzelnen Drahtes = 0,2 mm; Länge = 90 mm. Gewicht des Alkohols = 1,26 g. Die Erwärmung betrug unter gleichen Umständen wie oben 1,14°. Daraus folgt für die Volumeneinheit und für die Sekunde eine Wärmeentwickelung von 6,6 Cal. oder 277×10^6 Erg.

Thermometer C enthielt keinen Draht und diente nur dazu, um mit Sicherheit nachzuweisen, dass die Erwärmung bei A und B nur durch das Vorhandensein der Eisendrähte bedingt war.

Diese Versuche ergeben das bemerkenswerte Resultat, dass die Wärmeentwickelung pro Volumeneinheit beim dicken Draht kleiner ist als beim dünnen. Bei Wechselströmen, wie sie in der Praxis vorkommen, wächst die Wärmeentwickelung mit dem Durchmesser des Drahts ausserordentlich rasch an. Auch bei elektrischen Oscillationen, deren Dauer weniger als ein Tausendstel einer Sekunde beträgt, ist der Energieverbrauch bei dicken Drähten viel grösser als bei dünnen, wie dies aus Versuchen hervorgeht, welche der Verfasser über die Magnetisierung durch oscillatorische Kondensatorentladungen gemacht hat. (Vide: Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 104 und 107 und Wied. Ann. Bd. 58.)

(Eingegangen 7. Novbr. 1899.)

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.

Von Ludwig Boltzmann.

(Fortsetzung.)

Von den schon vor Hertz bekannten verschiedenen Ätherwellen gehen, wie man längst wusste, die einen durch diese, die anderen durch jene Körper leichter hindurch. So lässt wässerige Alaunlösung alle sichtbare, aber nur wenig ultrarote Strahlung hindurch, welche dafür eine für sichtbares Licht völlig undurchlässige Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff mit Leichtigkeit durchdringt. Die Hertzschen Wellen durchdringen fast alle Körper mit Aus-

nahme der Metalle und Elektrolyte. Wenn daher Marconi an einem Orte sehr kurze Hertzsche Wellen erregte und an einem viele Kilometer entfernten mit einer passenden Modifikation des Apparates, den wir Auge für Hertzsche Wellen genannt haben, in Morsezeichen umsetzte, so konstruierte er eigentlich nichts anderes als einen gewöhnlichen optischen Telegraphen; nur dass er statt Wellen von etwa 500 Billionen solche von ungefähr dem zehnten Teil einer Billion von Schwingungen in der Sekunde anwandte. Dies hat den Vorteil, dass die letzteren Wellen durch Nebel, ja selbst Gestein fast ungeschwächt hindurchgehen. Einen Berg von gediegenem Metall oder einen Nebel von Quecksilbertröpfchen würden sie so wenig durchdringen, wie das sichtbare Licht einen gewöhnlichen Berg oder Nebel.

Die Mannigfaltigkeit der uns bekannten Strahlenarten wurde noch vermehrt durch die mit Recht so gefeierte Entdeckung der Röntgenstrahlen. Diese durchdringen alle Körper, auch die Metalle; letztere, sowie metallhaltige Körper, wie die kalciumhaltigen Knochen, aber unter erheblicher Schwächung. Die an allen früher besprochenen Strahlen nachgewiesenen Erscheinungen der Polarisation, Interferenz und Beugung konnten an ihnen noch nicht beobachtet werden. Wären sie wirklich jeder Polarisation unfähig, so müssten es, wenn überhaupt Wellen, longitudinale sein; aber es muss selbst die Möglichkeit offen gelassen werden, dass sie auch der Interferenz unfähig, also überhaupt keine Wellen sind, weshalb man vorsichtig von Röntgenstrahlen, nicht von Röntgenwellen spricht. Würde einst ein sie polarisierender Körper entdeckt, so spräche dies dafür, dass sie qualitativ dem Lichte gleich sind; sie müssten aber noch viel, viel kleinere Schwingungsdauer haben, als selbst das äusserste Ultraviolett oder vielleicht nur, wie einige Physiker glauben, aus rasch sich folgenden Stosswellen bestehen.

Im Hinblick auf diese enorme Mannigfaltigkeit von Strahlen möchten wir fast mit dem Schöpfer darüber rechten, dass er unser Auge nur für einen so winzigen Bereich derselben empfindlich gemacht hat. Es geschähe dies hier, wie immer, mit Unrecht; denn überall wurde dem Menschen nur ein kleiner Bereich eines grossen Naturganzen direkt geoffenbart und dafür dessen Verstand befähigt, die Erkenntnis des übrigen durch eigene Anstrengung zu erringen.

Wären die Röntgenstrahlen wirklich longitudinale Wellen des Lichtäthers, was zu glauben ihr Entdecker gleich anfangs sehr geneigt war, und was noch bis heute durch keine einzige Thatsache widerlegt ist, so läge uns da ein eigentümlicher, in der Wissenschaft nicht einzig dastehender Fall vor. Die klassische theoretische Physik hatte ihre Ansicht über die Beschaffenheit des Lichtäthers vollkommen fertig. Nur eins fehlte noch, wie man glaubte, zur unumstösslichen Bestätigung ihrer Richtigkeit, nämlich die logitudinalen Ätherwellen; diese aber konnte man um keinen Preis finden. Jetzt, da bewiesen ist, dass der Lichtäther einen wesentlich anderen Bau haben muss, da er ja auch Vermittler der elektrischen und magnetischen Wirkungen ist, jetzt, da die alte Ansicht über die Beschaffenheit des Lichtäthers abgethan ist, kommt man post festum ihrer ersehnten Bestätigung der Entdeckung von Longitudinalwellen im Äther so nahe.

Ähnlich ging es mit der Weberschen Theorie der Elektrodynamik. Diese basiert, wie wir sahen, auf der Annahme, dass die Wirkung elektrischer Massen von deren Relativbewegung abhängt, und gerade zur Zeit, als die Unzulänglichkeit der Weberschen Theorie definitiv bewiesen wurde, fand Rowland in Helmholtz' Laboratorium durch einen direkten Versuch, dass bewegte Elektricitäten anders als ruhende wirken. In früherer Zeit wäre man wohl geneigt gewesen, dies für einen direkten Beweis der Richtigkeit der Weberschen Theorie zu halten. Heute weiss man, dass es kein Experimentum crucis ist, dass es vielmehr ebenso aus der Maxwellschen Theorie folgt.

Ferner folgt aus einer Modifikation der Weberschen Theorie, dass nicht bloss die stromführenden Leiter, sondern auch die Ströme in diesen selbst durch den Magneten abgelenkt werden müssen. Auch diese Erscheinung, welche man lange vergebens gesucht hatte, wurde von dem amerikanischen Physiker Hall zu einer Zeit aufgefunden, wo sich die Anhänger der Weberschen Theorie wegen vorangegangener weit grösserer Niederlagen längst des Triumphes nicht mehr freuen konnten.

Solche Erscheinungen beweisen, wie vorsichtig man sein muss, wenn man in der Bestätigung einer Konsequenz einen Beweis für die unbedingte Richtigkeit einer Theorie erblicken will. Nach Maxwells Anschauung stimmen eben oft Bilder, welche in vielen Fällen der Natur angepasst wurden, automatisch auch noch in manchen anderen, woraus aber noch nicht die Übereinstimmung in allen folgt. Andererseits zeigen diese Erscheinungen, dass auch eine falsche Theorie nützlich sein kann, wenn sie nur Anregung zu neuartigen Versuchen in sich birgt.

Durch die angeführten Entdeckungen von Hertz, Röntgen, Rowland, Hall war bewiesen, dass Faraday doch auch seinen Nachfolgern noch etwas zu finden übriggelassen hat. Hieran schliessen sich noch manche andere Entdeckungen der neuesten Zeit, von denen

hier nur die Zeemans vom Einflusse des Magnetismus auf das ausgesandte Licht und die vom korrespondierenden Einflusse auf die Lichtabsorption erwähnt werden mögen. Alle diese Erscheinungen, von denen viele von Faraday gesucht wurden, konnten mit den damaligen Mitteln absolut nicht beobachtet werden. Hat daher oft das Genie mit den kleinsten Mitteln das Grösste geleistet, so sieht man hier umgekehrt, dass zu manchen Leistungen der Menschengeist doch erst durch die gegenwärtige enorme Vervollkommnung der Beobachtungsapparate und Experimentiertechnik befähigt wird.

Die meisten der geschilderten ganz neuartigen Erscheinungen sind bis jetzt erst in ihren ersten Grundzügen bekannt. Die Erforschung ihrer Einzelheiten, ihrer Beziehungen untereinander und zu allen anderen bekannten Erscheinungen, mit einiger Übertreibung möchte ich sagen, ihre Einlage in den mechanisch-physikalischen Webstuhl eröffnet für die Zukunft ein fast unermesslich scheinendes Arbeitsfeld. Die reichen, schon im Beginne erzielten praktischen Erfolge (Röntgenphotographie, Telegraphie ohne Draht, Radiotherapie) lassen die praktische Ausbeute ahnen, welche die sonst immer allein erst praktisch fruchtbare Detailforschung bringen wird. Die Theorie aber wurde aus ihrer Ruhe aufgeschreckt, in der sie schon fast alles erkannt zu haben glaubte, und es gelang bis heute noch nicht, die neuen Erscheinungen in ein so einheitliches Lehrgebäude zusammenzufassen, wie es das alte gewesen war; vielmehr ist heute noch alles im Schwanken und in Gärung begriffen.

Diese Verwirrung wurde durch das Zusammenwirken mancher anderer Umstände mit den genannten vermehrt. Es sind da zunächst gewisse philosophische Bedenken gegen die Grundlagen der Mechanik zu erwähnen, welche am deutlichsten durch Kirchhoff ausgesprochen wurden. Man hatte in die alte Mechanik unbedenklich den Dualismus zwischen Kraft und Stoff eingeführt. Die Kraft betrachtete man als ein besonderes Agens neben der Materie, welches die Ursache aller Bewegung ist; ja, man stritt sogar ab und zu, ob die Kraft ebenso wie die Materie existiere oder eine Eigenschaft der letzteren sei, oder ob umgekehrt die Materie als Produkt der Kraft angesehen werden müsse.

Kirchhoff war weit entfernt, diese Fragen beantworten zu wollen, er hielt jedenfalls die ganze Art der Fragestellung für unzweckmässig und nichtssagend. Um sich aber jedes Urteils über den Wert solcher metaphysischer Betrachtungen enthalten zu können, erklärte er, alle diese dunklen Begriffe ganz vermeiden und die Aufgabe der Mechanik auf die einfachste, unzweideutigste Beschreibung der Bewegung der Körper beschränken zu wollen, ohne sich um die metaphysische Ursache derselben zu kümmern. In seiner Mechanik ist daher bloss von materiellen Punkten und den mathematischen Ausdrücken die Rede, durch welche die Bewegungsgesetze der ersteren formuliert werden; der Begriff der Kraft fehlt vollständig. Hatte einst Napoleon in der Kapuzinergruft zu Wien gerufen: „Alles ist eitel mit Ausnahme der Kraft", so strich jetzt Kirchhoff auf einer Druckseite die Kraft aus der Natur, jenen deutschen Professor beschämend, von dem Karl Moor erzählt, dass er sich vermass, trotz seiner Schwäche auf seinem Katheder das Wesen der Kraft zu behandeln, aber doch nicht diese zu vernichten.

Kirchhoff hat selbst das Wort Kraft später wieder eingeführt, aber nicht als metaphysischen Begriff, sondern bloss als abgekürzte Bezeichnung für gewisse algebraische Ausdrücke, welche bei der Beschreibung der Bewegung beständig vorkommen. Später hat man wohl diesem Worte öfter wieder, besonders im Hinblick auf die Analogie mit der für den Menschen so geläufigen Muskelanstrengung, eine erhöhte Bedeutung vindiciert, aber die alten dunklen Fragestellungen und Begriffe werden wohl niemals mehr in der Naturwissenschaft wiederkehren.

Kirchhoff hatte an der alten klassischen Mechanik keine materielle Änderung vorgenommen; seine Reformation war eine rein formale. Viel weiter ging Hertz, und während fast alle späteren Autoren die Darstellungweise Kirchhoffs nachahmten, hier und da freilich oft mehr gewisse, bei Kirchhoff stehende Ausdrucksweisen, als dessen Geist, so habe ich Hertz' Mechanik zwar sehr oft preisen gehört, aber noch niemanden sah ich auf dem von Hertz gewiesenen Wege weiter wandeln.

Es ist, soviel ich weiss, noch nicht darauf hingewiesen worden, dass ein Gedanke in der Kirchhoffschen Mechanik, wenn man dessen letzte Konsequenzen zieht, direkt zu den Hertzschen Ideen führt. Kirchhoff definiert nämlich den wichtigsten Begriff der Mechanik, den der Masse, nur für den Fall, dass beliebige Bedingungsgleichungen zwischen den materiellen Punkten bestehen. In diesem Falle sieht man klar die Notwendigkeit des von Kirchhoff als Masse bezeichneten Faktors. In den anderen Fällen, wo sich die materiellen Punkte ohne Bedingungsgleichungen so bewegen, wie es den alten Kraftwirkungen entsprach, so z. B. in der Elasticitätslehre, Aëromechanik etc., schwebt Kirchhoffs Massenbegriff in der Luft, und die hieraus folgende Unklarheit schwindet erst dann

vollständig, wenn man die letzteren Fälle überhaupt ausschliesst.

Dies that Hertz. Die wichtigsten der Kräfte der alten Mechanik waren direkte Fernkräfte zwischen je zwei materiellen Punkten gewesen. Kirchhoff entfernte die Frage nach der metaphysischen Ursache dieser Fernwirkung aus der Mechanik; aber Bewegungen, welche genau nach denselben Gesetzen erfolgen, als ob diese Fernkräfte bestünden, liess er zu. Nun ist man heute, wie wir sahen, überzeugt, dass die elektrischen und magnetischen Wirkungen durch ein Medium vermittelt werden. Bleibt nur noch die Gravitation, von der schon ihr Entdecker Newton annahm, dass sie wohl wahrscheinlich der Wirkung eines Mediums zuzuschreiben sei, und die Molekularkräfte. Letztere lassen sich angenähert in festen Körpern durch die Bedingung der Unveränderlichkeit der Gestalt, in tropfbarflüssigen durch die der Unveränderlichkeit des Volumens ersetzen. Die Ersetzung der Elasticität, der Expansivkraft kompressibler Flüssigkeiten, der Krystallisations- und chemischen Kräfte durch Bedingungen von einer analogen Form ist zwar bis heute noch nicht gelungen. Aber offenbar in der Voraussetzung, dass sie gelingen werde, verwirft Hertz im Gegensatz zu Kirchhoff auch jede Bewegung, die so geschieht, wie sie die alten Fernkräfte fordern, und lässt bloss Bewegunngen zu, für welche derartige Bedingungen bestehen, deren Form von ihm genauer mathematisch definiert wird. Das Einzige, was er nebst diesen Bedingungen zum Aufbau der ganzen Mechanik noch verwendet, ist ein Bewegungsgesetz, welches einen speciellen Fall des Gaussschen Prinzips des kleinsten Zwanges darstellt.

Hat also Kirchhoff bloss die Frage nach der Ursache der Bewegungen, die man sonst den Fernkräften zuschrieb, verpönt, so merzt Hertz diese Bewegungen selbst aus und sucht die Kräfte durch Bedingungsgleichungen zu erklären, während man sonst umgekehrt die Bewegungsbedingungen aus Kräften erklärte. Hertz unterfängt sich daher in viel wahrerem Sinne als Kirchhoff, die Kraft selbst zu überwältigen. Er schuf so ein frappierend einfaches, von ganz wenigen, gewissermassen sich logisch von selbst darbietenden Prinzipien ausgehendes System der Mechanik. Leider schloss sich im gleichen Momente sein Mund auf ewig den tausend Fragen um Erläuterungen, die gewiss nicht auf meinen Lippen allein schweben.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

W. Ostwald, Periodisch veränderliche Reaktionsgeschwindigkeiten.

Bei einer genaueren Untersuchung des Vorganges der Auflösung von metallischem Chrom in Säuren, vorzugsweise Salzsäure, welche durch die merkwürdigen, von W. Hittorf (Ztschr. f. phys. Chemie 25, 729) erhaltenen Resultate veranlasst war, stellte sich heraus, dass die Geschwindigkeit dieses Vorganges periodischen Änderungen von grosser Regelmässigkeit unterworfen ist. Lässt man den Wasserstoff, der sich bei der Einwirkung doppelt normaler Salzsäure auf Chrom entwickelt, in Blasen durch eine nahezu horizontal gelegte Röhre treten, so kann man an der wechselnden Entfernung der aufeinanderfolgenden Blasen leicht erkennen, dass Zeiten schneller Gasentwickelung mit solchen, wo die Gasentwickelung fast (aber nicht ganz) Null ist, in regelmässiger Folge abwechseln.

Diese Wechsel dauern unter langsamer Zunahme der Periode infolge der eintretenden Sättigung der Säure an, bis das Metall völlig gelöst ist, sie rühren also von etwas her, was im Metall selbst liegt.

Um die Erscheinungen genauer untersuchen zu können, wurde ein Registrierapparat konstruiert, welcher auf folgendem Prinzip beruht.

Lässt man das sich entwickelnde Gas durch eine lange Kapillare austreten, so stellt sich im Apparate ein Druck her, welcher der Entwickelungsgeschwindigkeit proportional ist, denn die Ausströmungsgeschwindigkeit eines Gases durch eine Kapillare ist proportional dem Drucke. Wenn man also den in jedem Augenblicke vorhandenen Druck sich aufzeichnen lässt, so giebt die erhaltene Kurve die zeit-

lichen Änderungen der Reaktionsgeschwindigkeit an.

Die Aufzeichnung der Drucke erfolgte nach der in der Physiologie üblichen Methode mittels einer manometrischen Kapsel, welche einen Hebel mit Zeichenfeder bethatigt. Die Linie schreibt sich auf einen Streifen endlosen Papieres auf, welcher mit einer Geschwindigkeit von 2 mm in der Minute durch ein einfaches Uhrwerk bewegt wird.

Es ergab sich, dass reines Chrom die Erscheinung ebensowenig zeigt, wie irgend ein anderes Metall. Nur ältere Proben des von Goldschmidt mittels Aluminium hergestellten Chrom, welche an Verunreinigungen hauptsächlich Eisen, Silicium, Kohle und Schwefel enthielten, ergaben Schwingungen. Welche von den Verunreinigungen wesentlich ist, konnte noch nicht ermittelt werden, da es noch nicht gelungen ist, schwingendes Chrom willkürlich darzustellen. Am wahrscheinlichsten ist die von Dr. Goldschmidt geäusserte Vermutung, dass der etwa ½ Proz. betragende Schwefelgehalt die entscheidende Rolle spielt.

Was die Gesetze anlangt, denen die Erscheinung unterworfen ist, so ist zunächst die Periode an verschiedenen Stücken individuell verschieden; doch bleibt sie gewöhnlich wesentlich ungeändert, bis das Stück völlig gelöst wird. Sie wird also auch an verschiedenen Stücken, die nebeneinander aus demselben grösseren Stücke herausgenommen sind, annähernd gleich ausfallen.

Die Periode ändert sich umgekehrt, wie die Konzentration der Säure; sie ist um so kleiner, je stärker die Säure ist.

Ebenso ändert sich die Periode mit der Temperatur in dem Sinne, dass sie mit steigender Temperatur schnell abnimmt. Der Koefficient entspricht einer Verdoppelung der Geschwindigkeit auf 10 bis 15°, stimmt also mit den anderen Temperaturkoefficienten chemischer Reaktionsgeschwindigkeiten der Ordnung nach überein.

Die Ausbildung der Periode hängt im wesentlichen vom Metall ab. Hängt man zwei Stücke Chrom mit verschiedenen Perioden in die gleiche Säure, doch so, dass sie sich nicht metallisch berühren, so erfolgt die Gasentwickelung an beiden Stücken unabhängig, und der Apparat registriert die Summenkurve der beiden Geschwindigkeiten. Lässt man dagegen die beiden Stücke sich unmittelbar oder mittelbar metallisch berühren, so wird eine einheitliche Linie geschrieben und zwar mit der Periode des schnelleren Stückes. Dies rührt vermutlich daher, dass der aktive Zustand eines Stückes Chrom sich durch metallische Berührung auf ein anderes übertragen lässt.

Die Periode ist ferner in hohem Masse abhängig von katalytischen Einflüssen. Ein Zusatz von Jodkalium, Rhodankalium, Cyankalium und anderen Stoffen hebt die Perioden ganz auf, wenn er etwas reichlich (bis 10 Proz. vom Äquivalent der Säure) bemessen wird. Für jeden dieser Stoffe giebt es aber kleinere Konzentrationen, in welchen die Wirkung sich nur in einer Verlängerung der Periode zeigt, die mit Vermehrung des Zusatzes zunimmt. In Äquivalenten der Säure liegt diese Konzentration der blossen Verzögerung für Jodionen bei 0.01, für Rhodanionen bei 0.00001, für Cyanionen bei 0.0001. Am wirksamsten von den bisher untersuchten Stoffen ist Formaldehyd, welcher noch in einer Verdünnung von 1 : 1000000 die Schwingungen völlig aufhebt. Die genauere Bestimmung der Grenze wird durch die Veränderlichkeit dieser sehr verdünnten Lösungen des oxydierbaren Stoffes erschwert.

Ausser verzögernden Katalysatoren giebt es beschleunigende. Dies sind meist Oxydationsmittel. Als Beschleuniger erwiesen sich Salpetersäure, Chlorsäure, Bromsäure. Hier sind die erforderlichen Konzentrationen grösser als bei den Verzögerern; man muss die Zusätze von 0.001 bis 0.1 bemessen, um eine sichtbare Wirkung zu haben.

Die Verzögerungen und Beschleunigungen erfolgen in Bezug auf die Periode des vorhandenen Stückes Chrom, ändern also seine natürliche Periode in bestimmtem Verhältnisse. Ebenso superponieren sich die Wirkungen von Beschleunigern und Verzögerern, die man gleichzeitig derselben Lösung zusetzt.

(Eingegangen 14. Oktbr. 1899.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Discussion.

Kohlrausch. Ich bin durch den Vortrag an eine Erscheinung erinnert worden, die ich vor vielen Jahren beobachtet habe, aber willkürlich nicht wieder hervorrufen konnte, dass nämlich bei der Elektrolyse von Platinchlorid zum Zwecke der gewöhnlichen Platinierung eine periodische Gasentwickelung auftrat.

(Vgl. hierzu L. Wulff, dieses Heft S. 81.)

Personalien.

An der Universität Heidelberg hat sich Dr. Max Bodenstein für Physikalische Chemie, an der Universität Jena Dr. Matthes aus Eisenach für Pharmacie und Nahrungsmittelchemie habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9. 25. November 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Untersuchungen über permanente Magnete.

I. Über die Abhängigkeit des Temperaturkoefficienten vom Dimensionsverhältnisse.[1])

Von Ignaz Klemenčič.

Untersucht wurden die Temperaturkoefficienten von 18 verschiedenen Magnetstäben aus steirischem Wolframstahl, welche mir von der Firma Böhler & Cie. in Wien geliefert worden waren. Diese 18 Stäbe bildeten vier Gruppen, von denen jede eine Anzahl von mehreren ganz gleichen und gleich behandelten Stücken enthielt, die sich nur durch die Länge unterschieden. Drei Gruppen mit dem Fabrik-Kennzeichen „UI", „45" und „00" enthielten je fünf Magnete von den Längen 15, 10, 8, 6 und 4 cm bei einem für alle gleichen quadratischen Querschnitte von 4 mm Seite. Eine vierte Gruppe enthielt drei Stücke von der Magnetstahlsorte mit dem Kennzeichen „45"; sie hatten die Längen 9, 6 und 3 cm und einen quadratischen Querschnitt von 6 mm Seite. Die Härtung wurde für die einzelnen Magnete einer Gruppe möglichst gleich gehalten und von der Firma Böhler & Cie. selbst besorgt. Ich verstehe unter dem Dimensionsverhältnisse den Quotienten Länge : Seite; es ergeben sich daher aus den obigen Daten für die ersten drei Gruppen die Dimensionsverhältnisse 37·5, 25, 20, 15 und 10; für die letzte Gruppe die Werte 15, 10 und 5.

Um einen Aufschluss über die Gleichmässigkeit der Härtung zu bekommen, wurde der spec. elektr. Leitungswiderstand der einzelnen Stäbe untersucht.

1) Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien, Math. Kl. Bd. 108, 1899, S. 491.

Die Bestimmung des Temperaturkoefficienten geschah nach der Weberschen Methode, wobei jedoch die Ablenkung der Magnetometernadel durch eine Galvanometerspule und einen entsprechend starken Strom abkompensiert wurde.

Die Beobachtungstemperaturen lagen einerseits bei circa 9°, andererseits ungefähr bei 32°. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate verzeichnet. Darin bedeutet:

„Bez." die Bezeichnung des Magnetes mit dem Fabrik-Kennzeichen und rechts daneben beigefügter Länge in Centimetern.

σ den spec. elektr. Widerstand in Ohm.

V das genaue Dimensionsverhältnis.

μ den Temperaturkoefficienten.

C das Produkt $\mu \times V \times 10^4$.

Bez.	σ	V	μ	C
45·4	39·8	9·9	0·000437	42·2
45·6	39·1	15·2	301	46·5
45·8	39·5	20·6	213	43·7
45·10	39·1	25·4	176	44·8
45·15	38·3	37·7	135	51·8
UI,4	36·8	10·1	0·000477	48·1
UI,6	36·2	15·2	352	53·5
UI,8	35·2	20·8	257	53·5
UI,10	36·6	25·3	210	53·2
UI,15	37·1	37·8	140	53·2
00,4	45·2	10·3	0·000275	28·3
00,6	45·4	15·5	179	27·6
00,8	45·8	20·3	137	27·6
00,10	43·6	25·6	155	39·6
00,15	43·7	37·6	141	53·0
45·3	34·2	5·0	0·000707	35·7
45·6	34·0	10·1	486	49·1
45·9	33·6	15·2	359	54·5

Aus dieser Tabelle st das Gesetz für die Abhängigkeit des Temperaturkoefficienten vom Dimensionsverhältnisse ziemlich gut zu erkennen. Die Produkte C sind nämlich im allgemeinen für die Probestücke einer Gruppe nahezu konstant, obwohl es sich nicht bestreiten lässt, dass mitunter ganz bemerkbare Abweichungen von dieser Regel vorkommen. Hierfür lässt sich jedoch ein ziemlich annehmbarer Grund finden, der diese Abweichungen wenigstens qualitativ erklärt.

Die Konstanz von C bedeutet, dass der Temperaturkoefficient dem Dimensionsverhältnisse verkehrt proportional ist.

Die Abweichungen des Wertes C von einer vollkommenen Konstanz lassen sich nun in zwei Kategorien einteilen. 1. In ziemlich grobe Abweichungen, wie sie sich etwa in der Gruppe „00" für die Magnete 00,10 und 00,15 und in der letzten Gruppe namentlich für 45·3 ergeben. 2. In kleinere Abweichungen, wie sie z. B. in der ersten Gruppe „45" für die beiden Endmagnete auftreten. Fasst man die Gruppe „45" ins Auge, so erkennt man sehr deutlich, dass die Schwankungen von C mit den Werten von σ gerade verkehrt laufen. Bei durchaus gleichen Werten von σ würde auch C ganz konstant sein. Auch in Gruppe UI finden sich ähnliche kleine Schwankungen, wenn auch deren Zusammenhang mit σ nicht so deutlich ausgeprägt ist wie bei „45".

Die groben Abweichungen bei 00,10 und 00,15 dürften nun auch, wenigstens zum grössten Teile, durch die Verschiedenheit von σ erklärt werden können. Zu den Abweichungen der letzten Gruppe „45" muss bemerkt werden, dass der Wert von μ für 45·3 bei einem Moment von 67 abs. E. gilt. Dieser Magnet war aber noch nicht im Maximum der Sättigung wie die übrigen Magnete, die durchweg grössere Dimensionsverhältnisse hatten. Die Abweichungen bei 45·3 können also ganz gut auch auf diesen Umstand zurückgeführt werden.

Das gefundene Gesetz kann jedenfalls nur für das Gebiet der hier untersuchten Dimensionsverhältnisse, deren Wert zwischen 10 und 37·5 liegt, als bewiesen angesehen werden.

(Eingegangen 9. Novbr. 1899.)

Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde.

Von Stefan Meyer und Egon R. v. Schweidler.

Herr Dr. F. Giesel (Braunschweig) hatte die Freundlichkeit, uns von seinem Baryum-Radiumchlorid 2 g zu Untersuchungen im magnetischen Felde zu überlassen, und ausserdem verfügten wir über geringe Mengen von Radium- und Poloniumpräparaten, die von H. Curie (Paris) stammten. Die vorläufigen Ergebnisse unserer Beobachtungen seien im folgenden kurz zusammengestellt.

1. Susceptibilität.

Die Bestimmung der Magnetisierungszahl des Gieselschen Radiumpräparates ergab nach der von einem von uns früher angegebenen Methode[1])

g	a	p	$\varkappa 10^6$	t
1·501	1404	—0·0143	—0·553	15°,

wobei $g, a, p, \varkappa$ und t die loco citato angegebene Bedeutung haben.

Nimmt man als Molekulargewicht der Substanz diejenige von reinem $BaCl_2$, $\mu = 208·3$ an, so berechnet sich die molekulare Magnetisierungszahl $k = -0·08 . 10^{-6}$, für eine Formel von $BaCl_2 + 2H_2O$ würde $k = -0·09 . 10^{-6}$. Diese Werte unterscheiden sich nur etwa um eine Einheit der zweiten Dezimale von den für die Baryumchloride[2]) gefundenen, also nicht um so viel, dass man ohne Kenntnis des wahren Molekulargewichtes der Substanz einen bestimmten Schluss auf das magnetische Verhalten von Radium daraus ziehen könnte. Wenn das Radium des früher untersuchten Curieschen Präparates[3]) mit demjenigen aus der Verbindung des Herrn Giesel identisch ist, was mit Rücksicht auf die später angegebenen Thatsachen zweifelhaft erscheint, so müsste der damals gefundene paramagnetische Wert auf relativ starke Verunreinigungen (Eisen?) zurückgeführt werden.

2. Verhalten der Strahlung im Felde.

Die entladende Wirkung des Radium auf elektrisierte Körper erwies sich im magnetischen Felde als sehr geschwächt.

Zur genaueren Untersuchung dieser Erscheinung wandten wir die folgenden Versuchsanordnungen an, welche einerseits die Beeinflussung der Entladung, andererseits eine eventuelle direkte Wirkung des Feldes auf die Strahlung klarlegen sollten.

A. Beeinflussung der Entladung.

Zwischen den Polschuhen unseres Elektromagneten befand sich eine beiderseits offene zur Erde abgeleitete Messingröhre. In dieselbe ragte von oben axial ein mit dem Elektroskop

1) St. Meyer, Wied. Ann. 68, S. 325, 1899.
2) St. Meyer, Wied. Ann. 69, S. 242, 1899.
3) l. c. S. 245.

verbundener runder Metallstab. Etwa 12 cm unterhalb lag in kleinem Papiercouvert das Gieselsche Präparat, so dass die durch das offene untere Rohrende eintretenden Strahlen eine dem Stabe mitgeteilte Ladung rasch zerstreuten. Wurde nun das Feld von circa 17000 [*CGS*] erregt, so verlangsamte sich dieser Vorgang bedeutend.

So ergab sich beispielsweise die Zeit, in welcher die Divergenz der Elektroskopblättchen von einem bestimmten Werte auf die Hälfte sank, ohne Feld zu 15 sec, nach Erregung desselben zu 95 sec, stieg also auf ungefähr das Sechsfache.

Dieser Versuch zeigt eine Analogie mit den von den Herren Elster und Geitel[1]) in verdünnter Luft (circa 1 mm Druck) gemachten Beobachtungen, beweist aber, dass bei Anwendung hinreichend grosser Feldstärken das Phänomen auch bei Atmosphärendruck nicht nur beobachtbar, sondern sogar sehr auffallend ist.

Da nach der Theorie nur zur Richtung des Feldes senkrechte Komponenten der Strombahnen beeinflusst werden, versuchten wir mittels einer anderen Anordnung (Elektricitätsübergang zwischen zwei parallelen Plättchen) eine Abhängigkeit von der Orientierung des Apparates nachzuweisen, konnten aber zu keinem deutlichen Resultate kommen, vermutlich weil der Einfluss der in grosser Nähe befindlichen Polschuhe sowie der Zuleitungen sich nicht eliminieren liess, vielleicht aber auch, weil die unter B. besprochenen Erscheinungen hier gleichfalls mitspielen. Im allgemeinen erhielten wir Verminderung der Wirkung auf $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ bei einer Feldstärke von circa 17000 [*CGS*], bei einer solchen von etwa 10000 [*CGS*] auf rund $^1/_4$.[2])

Auch bei Verwendung des Curieschen Radiumpräparates zeigte sich bei einer ähnlichen Anordnung dieselbe Erscheinung, wenn auch in schwächerem Masse.

B. Beeinflussung der Strahlung.

Wurde das Gieselsche Radiumpräparat selbst zwischen die Polschuhe des Magneten gebracht und ein dem ersten Apparate analoger (mit dem Elektroskope verbundener Stab in zur Erde abgeleiteter Röhre) in einer Entfernung von circa 20 cm aufgestellt, so zeigte sich wieder eine starke Vergrösserung der Entladungsdauer und zwar bis auf etwa das Zwanzigfache, unter Berücksichtigung des Isolationsfehlers des Elektroskopes, bei 17000 [*CGS*].

Versuche über die Abhängigkeit der Erscheinung von der Feldintensität ergaben, dass die Entladungsverzögerungen zwischen 10000 und 17000 [*CGS*] überhaupt nicht mehr sehr stark verschieden sind, doch schienen sie uns bei einem mittleren Werte ein Minimum zu zeigen, so dass wir glauben, annehmen zu müssen, dass hier mindestens zwei verschiedene Einflüsse thätig sind. Wir behalten es uns vor, hierauf noch eingehender zurückzukommen.

Da in unserem Falle das Gebiet, in welchem die Entladung vor sich geht, sicherlich nur mehr sehr wenige magnetische Kraftlinien enthält, so wäre die Ursache dieser Erscheinung nur in einer direkten Beeinflussung der Emission der Substanz selbst zu suchen, wenn eine Ablenkung der Strahlen nicht stattfände.[1])

Sehr merkwürdig war hier das Verhalten der Curieschen Präparate.

Das Radium-Baryumkarbonat zeigte unter genau gleichen Versuchsbedingungen, bei denen das Gieselsche Präparat einen Unterschied der Entladungsdauer von 22 sec ohne Feld auf 250 sec bei 17000 [*CGS*] ergab, bloss die kaum nachweisbare Entladungsverzögerung von 20 sec auf 23 sec.

Bei Polonium-Wismutnitrat in ähnlicher Anordnung konnten wir überhaupt keine Beeinflussung durch das Feld feststellen. Es war dies ein Präparat, das im Gegensatz zu den Erfahrungen Herrn Giesels seine Wirksamkeit im Verlaufe von nunmehr fünf Monaten nicht eingebüsst hatte und auch in Form einer Lösung aktiv bleibt.

Während eine Verschiedenheit der Radium- und Poloniumstrahlung aus den Absorptionserscheinungen bereits sichergestellt ist, deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass auch die als radiumhaltig bezeichneten Substanzen Strahlen wesentlich verschiedener Natur auszusenden vermögen.

Wien, Physik. Inst. d. Univ., Oktober 1899.

(Eingegangen 10. Novbr. 1899.)

1) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. 69, S. 89, 1899.

2) Diese angenäherten Angaben sind ohne Korrektur für den Elektricitätsverlust des nicht völlig isolierenden Elektroskops zu verstehen.

1) Vgl. J. Elster und H. Geitel, l. c. S. 90.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Groningen (Direktor H. Haga).

1. Beugung und Wellenlänge der Röntgenstrahlen.

Von H. Haga und C. H. Wind.

Unter diesem Titel erschien in No. 5, S. 57 dieser Zeitschrift ein Auszug aus der Münchener Inauguraldissertation von Herrn Dr. M. Maier. S. 59 werden auch unsere Versuche erwähnt und im Anschluss daran heisst es: „Dass die im Spaltbilde beobachteten Fommschen Streifen auf einer optischen Täuschung beruhen, wie Haga und Wind glauben, müsste erst experimentell mit

gewöhnlichen Lichtstrahlen nachgewiesen werden." Wenn wir diesen Satz richtig verstehen, meint Herr Maier, dass es noch fraglich ist, ob die Fommschen Streifen auf einer optischen Täuschung beruhen, und dass es noch nicht gelungen ist, dergleichen Streifen mit gewöhnlichem Lichte zu erhalten.

Nun haben wir aber in der von Herrn Maier citierten Arbeit: Wied. Ann. Bd. 68, 1899, S. 886 die Versuchsbedingungen angegeben, mit denen das Angezweifelte sehr leicht zu erreichen ist: „Es wurde angewandt als Lichtquelle ein Cirkonbrenner, ein 4 mm breiter Lichtspalt, ein 1·5 bis 7 mm breiter Beugungsspalt und eine Entfernung beider Spalte von 70 cm. Auf einem 300 cm entfernten Schirme sah man deutlich zwei ganz mit den Fommschen Streifen übereinstimmende Maxima; beim keilförmigen Spalt verhielten sich diese Maxima ganz genau, wie es oben von den mit Röntgenstrahlen entstandenen Streifen erwähnt wurde. Objektiv kann man diese Erscheinungen mit elektrischem Lichte im Hörsaale demonstrieren; auch photographische Aufnahmen lassen sich bequem machen." Dass diese Fommschen Streifen nun nicht reell sind, sondern nur auf einer optischen Täuschung beruhen, ist von einem von uns bewiesen: vgl. Proceedings Royal Acad. of Sciences, Amsterdam, 28. Mai 1898, wo auch Abbildungen, wenn auch nicht alle gut gelungen, zu sehen sind.

Unserer Meinung nach unterliegt es keinem Zweifel, dass die von Herrn Maier erhaltenen Streifen nicht reell sind.

Dass Herr Maier mit Fokusröhren „immer nur ein reines Spaltbild ohne irgend welche Verbreiterung" erhielt, erklärt sich vollständig aus den grossen von ihm gebrauchten Spaltbreiten. Wir haben ebensowenig Beugung erhalten mit 50 μ breiten Spalten; erst als die Breite des ersten Spaltes 14 μ, des keilförmigen zweiten Spaltes 2 bis 14 μ, die Entfernungen a und b 75 cm gewählt wurden, erhielten wir unsere Resultate, allerdings nur bei einer Expositionszeit von 100 Stunden und länger.

Groningen, Novbr. 1899.

(Eingegangen 11. Novbr. 1899.)

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.

Von Ludwig Boltzmann.

(Fortsetzung und Schluss.)

Man begreift nach dem Gesagten, dass sich gewisse Erscheinungen, wie die freie Bewegung starrer Systeme, aus Hertz' Theorie mit Leichtigkeit ergeben. Bei den übrigen Erscheinungen muss Hertz das Vorhandensein verborgener, in Bewegung begriffener Massen annehmen, durch deren Eingriff in die Bewegung der sichtbaren Massen sich erst die Gesetze der Bewegung der letzteren erklären, welche daher dem ebenfalls verborgenen, die elektromagnetischen und Gravitationswirkungen erzeugenden Medium entsprechen. Aber wie sind diese uns völlig unbekannten Massen in jedem Falle zu denken? Ja, ist es überhaupt allemal möglich, durch sie zum Ziele zu gelangen? Die Struktur der ehemals gebräuchlichen Medien und auch des Maxwellschen Lichtäthers darf ihnen nicht beigelegt werden, da ja in allen diesen Medien solche Kräfte wirkend gedacht wurden, welche Hertz gerade ausschliesst.

Wenn sich nun schon in ganz einfachen mechanischen Beispielen nur ganz unverhältnismässig komplizierte Systeme verborgener Massen finden lassen, welche das Problem im Sinne der Hertzschen Theorie lösen, ist der Wert der letzteren doch nur ein rein akademischer.

Die Hertzsche Mechanik scheint mir daher mehr ein Programm für eine ferne Zukunft zu sein. Wenn es einst gelingen sollte, alle Naturvorgänge durch solche verborgene Bewegungen im Hertzschen Sinne in ungekünstelter Weise zu erklären, dann würde die alte Mechanik durch die Hertzsche überwunden sein. Bis dahin ist die erstere die einzige, welche alle Erscheinungen wirklich in klarer Weise darzustellen vermag, ohne Dinge beizuziehen, die nicht nur verborgen sind, sondern von denen man auch gar keine Ahnung hat, wie man sie denken soll.

Hertz hat in seinem Buche über Mechanik, ebenso wie die mathematisch-physikalischen Ideen Kirchhoffs, auch die erkenntnistheoretischen Maxwells zu einer gewissen Vollendung gebracht. Maxwell hatte die Hypothese Webers eine reale physikalische Theorie genannt, womit er sagen wollte, dass ihr Autor objektive Wahrheit dafür in Anspruch nahm, seine eigenen Ausführungen dagegen bezeichnete er als blosse Bilder der Erscheinungen. Hieran anknüpfend, bringt Hertz den Physikern so recht klar zum Bewusstsein, was wohl die Philosophen schon längst ausgesprochen

hatten, dass keine Theorie etwas Objektives, mit der Natur sich wirklich Deckendes sein kann, dass vielmehr jede nur ein geistiges Bild der Erscheinungen ist, das sich zu diesem verhält wie das Zeichen zum Bezeichneten.

Daraus folgt, dass es nicht unsere Aufgabe sein kann, eine absolut richtige Theorie, sondern vielmehr ein möglichst einfaches, die Erscheinung möglichst gut darstellendes Abbild zu finden. Es ist sogar die Möglichkeit zweier ganz verschiedener Theorien denkbar, die beide gleich einfach sind und mit den Erscheinungen gleich gut stimmen, die also, obwohl total verschieden, beide gleich richtig sind. Die Behauptung, eine Theorie sei die einzig richtige, kann nur der Ausdruck unserer subjektiven Überzeugung sein, dass es kein anderes gleich einfaches und gleich gut stimmendes Bild geben könne.

Zahlreiche Fragen, die früher unergründlich schienen, entfallen hiermit von selbst. Wie kann, sagte man früher, von einem materiellen Punkte, der ein blosses Gedankending ist, eine Kraft ausgehen, wie können Punkte zusammen Ausgedehntes liefern u. s. w.? Jetzt weiss man, dass sowohl die materiellen Punkte, als auch die Kräfte blosse geistige Bilder sind. Erstere können nicht Ausgedehntem gleich sein, aber es mit beliebiger Annäherung abbilden. Die Frage, ob die Materie atomistisch zusammengesetzt oder ein Continuum ist, reduziert sich auf die viel klarere, ob die Vorstellung enorm vieler Einzelwesen oder die eines Continuums ein besseres Bild der Erscheinungen zu liefern vermöge.

Wir sprachen zuletzt hauptsächlich über Mechanik. Eine die ganze Physik ergreifende Umwälzung wurde in Anknüpfung an das rapide Anwachsen der Bedeutung des Energieprinzips versucht. Wir erwähnten dieses Prinzip schon einmal ganz beiläufig als eine durch die Erfahrung bestätigte Konsequenz der mechanistischen Naturanschauung. Nach dieser erscheint die Energie als ein bekannter, aus schon früher eingeführten Grössen (Masse, Geschwindigkeit, Kraft, Weg) in gegebener Weise zusammengesetzter mathematischer Ausdruck, bar alles Geheimnisvollen, und da sie Wärme, Elektricität u. s. w. als Bewegungsformen von teilweise freilich ganz unbekannter Natur ansieht, so sieht sie im Energieprinzip eine wichtige Bestätigung ihrer Schlüsse.

Wir begegnen einer Würdigung desselben übrigens schon in der ersten Kindheit der Mechanik. Leibniz sprach von der Substantialität der Kraft, worunter er die Energie meint, fast mit denselben Worten, wie die modernsten Energetiker; aber er lässt beim unelastischen Stosse aus der lebendigen Kraft Deformation, Bruch von Kohärenz und Textur, Spannung von Federn u. s. w. entstehen; davon, dass Wärme eine Energieform sei, hat er keine Ahnung. Dubois Reymond ist daher auch sachlich vollkommen im Unrechte, wenn er in seiner Gedächtnisrede auf Helmholtz Robert Mayer nochmals zu verkleinern sucht und ihm die Priorität der Entdeckung der Äquivalenz von Wärme und mechanicher Arbeit abspricht. Letzterer bekannte sich übrigens keineswegs zur Ansicht, dass die Wärme Molekularbewegung sei, er hielt sie vielmehr für eine vollständig neue Energieform und behauptete nur ihre Äquivalenz mit der mechanischen Energie. Auch die Physiker, welche der ersteren Ansicht huldigten, vor allen Clausius, unterschieden strenge zwischen den Sätzen, welche allein aus ihr folgen, der speciellen Thermodynamik, und denen, welche unabhängig von jeder Hypothese über die Natur der Wärme aus feststehenden Erfahrungsthatsachen abgeleitet werden können, der allgemeinen Thermodynamik.

Während nun die specielle Thermodynamik nach einer Reihe glänzender Resultate wegen der Schwierigkeit, die Molekularbewegungen mathematisch zu behandeln, ins Stocken geriet, erzielte die allgemeine eine Fülle von Resultaten. Man fand, dass die Temperatur dafür ausschlaggebend ist, wann und in welcher Menge sich Wärme und Arbeit ineinander umsetzen. Der Zuwachs der zugeführten Wärme stellte sich als Produkt der (sogenannten absoluten) Temperatur und des Zuwachses einer anderen Funktion dar, welche man nach Clausius' Vorgang die Entropie nennt. Aus dieser konstruierte nun besonders Gibbs neue Funktionen, wie die später als thermodynamisches Potentiale bei konstanter Temperatur, konstantem Druck u. s. w. bezeichneten, und gelangte mit ihrer Hilfe zu den überraschendsten Resultaten auf den verschiedensten Gebieten, so der Chemie, Kapillarität u. s. w.

Man fand ferner, dass Gleichungen von analoger Form auch für die Verwandlung der anderen Energieformen, elektrischer, magnetischer, Strahlungsenergie u. s. w., ineinander gelten, und dass da namentlich auch überall Zerlegungen in zwei Faktoren mit ähnlichem Erfolge vorgenommen werden können. Dies begeisterte eine Reihe von Forschern, die sich selbst Energetiker nennen, so sehr, dass sie die Notwendigkeit des Bruches mit allen bisherigen Anschauungen lehrten, gegen die sie einwandten, der Schluss von der Äquivalenz von Wärme und lebendiger Kraft auf deren Identität sei ein Fehlschluss, als ob für diese Identität bloss der Äquivalenzsatz, nicht auch so vieles andere spräche.

Der Energiebegriff gilt der neuen Lehre als der einzig richtige Ausgangspunkt der Na-

turforschung. Die Zerlegbarkeit in zwei Faktoren und ein sich daran schliessender Variationssatz als das Fundamentalgesetz der gesamten Natur. Jede mechanische Versinnlichung, warum die Energie gerade die kuriosen Formen annimmt und in jeder derselben zwar ähnlichen, aber doch wieder wesentlich anderen Gesetzen folgt, halten sie für überflüssig, sogar schädlich, und die Physik, ja die ganze Naturwissenschaft der Zukunft ist ihnen eine blosse Beschreibung des Verhaltens der Energie in allen ihren Formen, eine Naturgeschichte der Energie, was freilich, wenn man unter Energie überhaupt alles Wirksame versteht, zum Pleonasmus wird.

Unzweifelhaft sind die Analogien des Verhaltens der verschiedenen Energieformen so wichtig und interessant, dass ihre allseitige Verfolgung als eine der schönsten Aufgaben der Physik bezeichnet werden muss; gewiss rechtfertigt auch die Wichtigkeit des Energiebegriffes den Versuch, ihn als ersten Ausgangspunkt zu wählen. Es muss ferner zugegeben werden, dass die Forschungsrichtung, welche ich die klassische theoretische Physik genannt habe, hier und da zu Auswüchsen führte, gegen welche eine Reaktion notwendig war. Jeder Nächstbeste fühlte sich berufen, einen Bau von Atomen, Wirbeln und Verkettungen derselben zu ersinnen, und glaubte damit dem Schöpfer dessen Plan definitiv abgeguckt zu haben.

Ich weiss, wie fördernd es ist, die Probleme von den verschiedensten Seiten in Angriff zu nehmen, und mein Herz schlägt warm für jede originelle, begeisterte wissenschaftliche Arbeit. Ich drücke daher der Secession lebhaft die Hand. Nur schien mir, dass sich die Energetik oft durch oberflächliche, bloss formale Analogien täuschen liess, dass ihre Gesetze der in der klassischen Physik üblichen klaren und eindeutigen Fassung, ihre Schlüsse der dort herausgearbeiteten Strenge entbehrten, dass sie von dem Alten manches Gute, ja für die Wissenschaft Unentbehrliche mit verwarf. Auch schien mir der Streit, ob die Materie oder Energie das Existierende sei, ein Rückfall in die alte, überwunden geglaubte Metaphysik, ein Verstoss gegen die Erkenntnis, dass alle theoretischen Begriffe Vorstellungsbilder sind.

Wenn ich in allen Dingen meine Überzeugung rückhaltlos aussprach, so glaubte ich dadurch in nützlicherer Weise als durch Lob mein Interesse für die Fortentwickelung der Lehre von der Energie zu dokumentieren. Gleichwie in der Hertzschen Mechanik, so kann ich daher auch in der Lehre der Ableitbarkeit der gesamten Physik aus dem Satze von den zwei Energiefaktoren und dem angeführten Variationssatze nur ein Ideal für ferne Zukunft erblicken. Nur diese kann die heute noch ganz unentschiedene Frage beantworten, ob ein derartiges Naturbild besser als das frühere oder gar das beste ist.

Von den Energetikern kommen wir zu den Phänomenologen, welche ich als gemässigte Secessionisten bezeichnen möchte. Ihre Lehre ist eine Reaktion dagegen, dass die alte Forschungsmethode die Hypothesen über die Beschaffenheit der Atome als das eigentliche Ziel der Wissenschaft, die daraus sich für sichtbare Vorgänge ergebenden Gesetze aber mehr bloss als Mittel zur Kontrolle derselben betrachtet hatte.

Dies gilt freilich nur für deren extremste Richtung. Wir sahen, dass schon Clausius streng zwischen der allgemeinen, von Molekularhypothesen unabhängigen und der speciellen Thermodynamik unterschieden hatte. Auch viele andere Physiker, z. B. Ampère, Franz Neumann, Kirchhoff, legten ihren Ableitungen keine Molekularvorstellungen zu Grunde, wenn sie auch die atomistische Struktur der Materie nicht leugneten.

Eine Ableitungsweise finden wir da besonders häufig, welche ich die euklidische nennen möchte, da sie der von Euklid in der Geometrie angewandten nachgebildet ist. Es werden einige Sätze (Axiome) entweder als von selbst evident oder doch als unzweifelhaft erfahrungsmässig feststehend vorausgestellt, aus diesen dann zunächst gewisse einfache Elementargesetze als logische Konsequenzen abgeleitet und daraus erst schliesslich die allgemeinen (Integral-)Gesetze konstruiert.

Mit dieser und den molekulartheoretischen Ableitungsweisen war man bisher so ziemlich ausgelangt; anders bei Maxwells Theorie des Elektromagnetismus. Maxwell dachte sich in seinen ersten Arbeiten das den Elektromagnetismus fortpflanzende Medium ebenfalls als bestehend aus einer grossen Zahl von Molekülen, wenigstens von mechanischen Individuen, den Bau derselben aber so kompliziert, dass sie nur als Hilfsmittel zur Auffindung der Gleichungen als Schemata einer mit der thatsächlichen in gewisser Hinsicht analogen Wirkung, aber nimmermehr als endgültige Bilder des in der Natur Existierenden gelten können. Später zeigte er, dass nicht bloss diese, sondern auch viele andere Mechanismen zum Ziele führen würden, sobald dieselben nur gewisse allgemeine Bedingungen erfüllten; aber alle Bemühungen, einen bestimmten, wirklich einfachen Mechanismus zu finden, an dem alle diese Bedingungen erfüllt sind, scheiterten. Dies ebnete einer Lehre den Boden, welche ich am prägnantesten charakterisieren zu können glaube, wenn ich zum drittenmal auf Hertz zurückkomme, dessen in der Einleitung seiner Abhandlung über die Grundgleichungen der Elektrodynamik

niedergelegten Ideen für diese Lehre typisch sind.

Eine befriedigende mechanische Erklärung dieser Grundgleichungen hat Hertz nicht gesucht, wenigstens nicht gefunden; aber auch die euklidische Ableitungsweise verschmähte er. Mit Recht weist er darauf hin, dass in der Mechanik nicht die wenigen Experimente, aus denen gewöhnlich deren Grundgleichungen gewonnen werden, dass in der Elektrodynamik nicht die fünf oder sechs Fundamentalversuche Ampères es sind, was uns von der Richtigkeit aller dieser Gleichungen so fest überzeugt, sondern vielmehr ihre nachherige Übereinstimmung mit allen bisher bekannten Thatsachen. Er fällt daher das salomonische Urteil, es sei das Beste, nachdem man diese Gleichungen einmal habe, sie ohne jede Ableitung hinzuschreiben, dann mit den Erscheinungen zu vergleichen und in ihrer steten Übereinstimmung mit denselben den besten Beweis ihrer Richtigkeit zu erblicken.

Die Ansicht, deren Extrem hiermit ausgesprochen ist, fand die verschiedenste Aufnahme. Während die einen fast geneigt waren, sie für einen schlechten Witz zu halten, schien es anderen von nun als einziges Ziel der Physik, ohne jede Hypothese, ohne jede Veranschaulichung oder mechanische Erläuterung für jede Reihe von Vorgängen Gleichungen aufzuschreiben, aus denen ihr Verlauf quantitativ berechnet werden kann, so dass die alleinige Aufgabe der Physik darin bestünde, durch Probieren möglichst einfache Gleichungen zu finden, welche gewisse notwendige formale Bedingungen der Isotropie u. s. w. erfüllen, und sie dann mit der Erfahrung zu vergleichen. Dies ist die extremste Richtung der Phänomenologie, welche ich die mathematische nennen möchte, während die allgemeine Phänomenologie jede Thatsachengruppe durch Aufzählung und naturgeschichtliche Schilderung aller dahin gehörigen Erscheinungen zu beschreiben sucht ohne Beschränkung der dazu dienlichen Mittel, aber unter Verzicht auf jede einheitliche Naturauffassung, auf jede mechanische Erläuterung oder sonstige Begründung. Letztere ist charakterisiert durch den von Mach citierten Ausspruch, dass die Elektricität nichts anderes ist, als die Summe aller Erfahrungen, welche wir auf diesem Gebiete schon gemacht haben und noch zu machen hoffen. Beide stellen sich die Aufgabe, die Erscheinungen darzustellen, ohne über die Erfahrung hinauszugehen.

Die mathematische Phänomenologie erfüllt zunächst ein praktisches Bedürfnis. Die Hypothesen, durch welche man zu den Gleichungen gelangt war, erwiesen sich als unsicher und dem Wandel unterworfen, die Gleichungen selbst aber, wenn sie einmal in genügend vielen Fällen erprobt waren, standen wenigstens innerhalb gewisser Genauigkeitsgrenzen fest; darüber hinaus bedurften sie freilich wieder der Ergänzung und Verfeinerung. Schon für den praktischen Gebrauch ist es daher erforderlich, das Feststehende, Gesicherte vom Schwankenden möglichst reinlich zu sondern.

Es muss auch zugegeben werden, dass der Zweck jeder Wissenschaft, und daher auch der Physik, in der vollkommensten Weise erreicht wäre, wenn man Formeln gefunden hätte, mittels deren man die zu erwartenden Erscheinungen in jedem speciellen Falle eindeutig, sicher und vollkommen genau vorausberechnen könnte; allein dies ist ebenso ein unerfüllbares Ideal, wie die Kenntnis des Wirkungsgesetzes und der Anfangszustände aller Atome.

Wenn die Phänomenologie glaubte, die Natur darstellen zu können, ohne irgendwie über die Erfahrung hinauszugehen, so halte ich das für eine Illusion. Keine Gleichung stellt irgend welche Vorgänge absolut genau dar, jede idealisiert sie, hebt Gemeinsames heraus und sieht von Verschiedenem ab, geht also über die Erfahrung hinaus. Dass dies notwendig ist, wenn wir irgend eine Vorstellung haben wollen, die uns etwas Künftiges vorauszusagen erlaubt, folgt aus der Natur des Denkprozesses selbst, der darin besteht, dass wir zur Erfahrung etwas hinzufügen und ein geistiges Bild schaffen, welches nicht die Erfahrung ist und darum viele Erfahrungen darstellen kann.

Die Erfahrung, sagt Goethe, ist immer nur zur Hälfte Erfahrung. Je kühner man über die Erfahrung hinausgeht, desto allgemeinere Überblicke kann man gewinnen, desto überraschendere Thatsachen entdecken, aber desto leichter kann man auch irren. Die Phänomenologie sollte daher nicht prahlen, dass sie die Erfahrung nicht überschreitet, nur warnen, dies in zu hohem Masse zu thun.

Auch wenn sie kein Bild für die Natur zu setzen glaubt, irrt sie. Die Zahlen, ihre Beziehungen und Gruppierungen sind gerade so Bilder der Vorgänge, wie die geometrischen Vorstellungen der Mechanik. Erstere sind nur nüchterner, für die quantitative Darstellung besser, aber dafür weniger geeignet, wesentlich neue Perspektiven zu zeigen; sie sind schlechte heuristische Wegweiser; ebenso erweisen sich alle Vorstellungen der allgemeinen Phänomenologie als Bilder der Erscheinungen. Es wird daher wohl der beste Erfolg erzielt werden, wenn man stets alle Abbildungsmittel je nach Bedürfnis verwendet, aber nicht versäumt, die Bilder auf jedem Schritte an neuen Erfahrungen zu prüfen.

Dann wird man auch nicht, wie es den Atomistikern vorgeworfen wurde, durch die Bilder geblendet, Thatsachen übersehen. Hierzu

führt jede wie immer geartete Theorie, wenn sie zu einseitig betrieben wird. Es war daran weniger eine specifische Eigentümlichkeit der Atomistik, als vielmehr der Umstand schuld, dass man noch zu wenig gewarnt war, den Bildern zu trauen. Der Mathematiker darf ebensowenig seine Formeln mit der Wahrheit verwechseln, sonst wird er in gleicher Weise geblendet. Dies sieht man an den Phänomenologen, wenn sie die vielen vom Standpunkte der speciellen Thermodynamik allein verständlichen Thatsachen nicht bemerken, an den Gegnern der Atomistik, wenn sie alles dafür Sprechende ignorieren, ja selbst an Kirchhoff, wenn er, seinen hydrodynamischen Gleichungen trauend, die Ungleichheit des Druckes an verschiedenen Stellen eines wärmeleitenden Gases für unmöglich hält.

Die mathematische Phänomenologie kehrte naturgemäss zu der dem Anschein entsprechenden Vorstellung der Kontinuität der Materie zurück. Dem gegenüber machte ich darauf aufmerksam, dass die Differentialgleichungen, welche sie benutzt, laut Definition blosse Grenzübergänge darstellen, welche ohne die Voranstellung des Gedankens einer sehr grossen Zahl von Einzelwesen einfach sinnlos sind. Nur bei gedankenlosem Gebrauche mathematischer Symbole kann man glauben, Differentialgleichungen von atomistischen Vorstellungen trennen zu können. Wird man sich vollkommen darüber klar, dass die Phänomenologen versteckt im Gewande der Differentialgleichungen ebenfalls von atomartigen Einzelwesen ausgehen, die sie allerdings für jede Erscheinungsgruppe anders, bald mit diesen, bald mit jenen Eigenschaften in kompliziertester Weise begabt denken müssen, so wird sich bald wieder das Bedürfnis nach einer vereinfachten einheitlichen Atomistik einstellen.

Die Energetiker und Phänomenologen hatten aus der geringen gegenwärtigen Fruchtbarkeit auf den Niedergang der Molekulartheorie geschlossen. Während diese nach der Meinung einiger überhaupt nur geschadet hat, so gaben doch andere zu, dass sie früher von Nutzen war, dass nahezu alle Gleichungen, welche den mathematischen Phänomenologen jetzt der Inbegriff der Physik sind, auf molekulartheoretischem Wege gewonnen wurden; aber letztere behaupteten, dass sie jetzt, wo man diese Gleichungen bereits hat, überflüssig geworden sei. Alle schwören ihr Vernichtung. Sie wiesen auf das historische Prinzip hin, dass oft die am meisten hochgehaltenen Ansichten in kurzer Zeit durch völlig verschiedene verdrängt werden, ja wie der heilige Remigius die Heiden, so mahnten sie die theoretischen Physiker, zu verbrennen, was man soeben noch angebetet hatte.

Allein historische Prinzipe sind mitunter zweischneidig. Gewiss zeigt die Geschichte oft unvorhergesehene Umwälzungen; gewiss ist es jetzt nützlich, die Möglichkeit im Auge zu behalten, dass das, was uns jetzt das Sicherste zu sein scheint. einmal durch etwas völlig anderes verdrängt werden kann; aber ebenso auch die Möglichkeit, dass gewisse Errungenschaften doch für alle Zeiten in der Wissenschaft bleiben werden, wenn auch in ergänzter und veränderter Form. Ja, nach dem genannten historischen Prinzip dürften die Energetiker und Phänomenologen gar nicht definitiv siegen, denn dann würde daraus sofort wieder ihr baldiger Sturz folgen.

Nach Clausius' Vorgang haben die Anhänger der speciellen Thermodynamik nie den hohen Wert der allgemeinen geleugnet; die Erfolge der letzteren beweisen daher nicht das Mindeste gegen die erstere. Es kann sich nur fragen, ob es neben diesen Erfolgen auch solche giebt, welche nur die Atomistik zu erreichen vermochte, und an solchen hat die Atomistik auch noch lange nach ihrer alten Glanzzeit viele bemerkenswerte aufzuweisen. Aus rein molekulartheoretischen Prinzipien hat van der Waals eine Formel abgeleitet, welche das Verhalten der Flüssigkeiten, der Gase und Dämpfe und der verschiedenen Übergangsformen dieser Aggregatzustände zwar nicht vollkommen genau, aber mit bewunderungswürdiger Annäherung wiedergiebt und zu vielen neuen Resultaten, z. B. der Theorie der entsprechenden Zustände, geführt hat. Molekulartheoretische Überlegungen zeigten gerade in neuester Zeit den Weg zu Verbesserungen dieser Formel, und es ist die Hoffnung nicht ausgeschlossen, zunächst das Verhalten der chemisch einfachsten Substanzen, namentlich Argon, Helium u. s. w., vollkommen genau darstellen zu können, so dass also gerade die Atomistik sich dem Ideale der Phänomenologen, einer alle Körperzustände umfassenden mathematischen Formel, am meisten genähert hat. Daran schloss sich eine kinetische Theorie der tropfbaren Flüssigkeiten.

Die Atomistik hat ferner, wie sie früher Licht auf das Avogadrosche Gesetz, die Natur des Ozons u. s. w. geworfen hatte, in neuerer Zeit wieder zur Versinnlichung und Ausarbeitung der Gibbsschen Dissociationstheorie beigetragen, welche dieser zwar auf einem anderen, aber doch auf einem allgemeine molekulartheoretische Grundvorstellungen voraussetzenden Wege gefunden hatte. Sie hat die hydrodynamischen Gleichungen nicht nur neu begründet, sondern auch gezeigt, wo dieselben, sowie die Gleichungen für die Wärmeleitung noch der Korrektion bedürfen. Wenn auch die Phänomenologie es sicher ebenfalls für wün-

schenswert hält, stets neue Versuche anzustellen, um etwa notwendige Korrektionen ihrer Gleichungen zu finden, so leistet die Atomistik hier doch viel mehr, indem sie auf bestimmte Versuche hinzuweisen gestattet, welche am ersten zur wirklichen Auffindung solcher Korrektionen Aussicht bieten.

Auch die specifisch molekulartheoretische Lehre vom Verhältnis der beiden Wärmekapacitäten der Gase spielt gerade heute wieder eine wichtige Rolle. Clausius hat dieses Verhältnis für die einfachsten Gase, deren Moleküle sich wie elastische Kugeln verhalten, zu $1\frac{2}{3}$ berechnet, ein Wert, der für keins der damals bekannten Gase zutraf, woraus er schloss, dass es so einfach gebaute Gase nicht giebt. Maxwell fand für dieses Verhältnis im Falle, dass sich die Moleküle beim Stosse wie nicht kugelige elastische Körper verhalten, den Wert $1\frac{1}{3}$. Da aber dasselbe für die bekanntesten Gase den Wert 1·4 hat, so verwarf Maxwell seine Theorie ebenfalls. Er hatte aber den Fall übersehen, dass die Moleküle um eine Achse symmetrisch sind; dann fordert die Theorie für das in Rede stehende Verhältnis genau auch den Wert 1·4.

Der alte Clausiussche Wert $1\frac{2}{3}$ war schon von Kundt und Warburg für Quecksilberdampf gefunden worden, aber wegen der Schwierigkeit dieses Versuches war er nie wiederholt worden und fast in Vergessenheit geraten. Da kehrte derselbe Wert $1\frac{2}{3}$ für das Verhältnis der Wärmekapacitäten bei allen von Lord Rayleigh und Ramsay entdeckten neuen Gasen wieder, und auch alle anderen Umstände deuteten, wie dies schon beim Quecksilberdampfe der Fall gewesen war, auf den von der Theorie geforderten, besonders einfachen Bau ihrer Moleküle hin. Welchen Einfluss hätte es auf die Geschichte der Gastheorie gehabt, wenn Maxwell nicht in dieses kleine Versehen verfallen wäre, oder wenn die neuen Gase schon zur Zeit der ersten Rechnung Clausius' bekannt gewesen wären? Man hätte dann gleich anfangs alle von der Theorie geforderten Werte für das Verhältnis der Wärmekapacitäten bei den einfachsten Gasen wiedergefunden.

Ich erwähne endlich noch der Beziehungen, welche die Molekulartheorie zwischen dem Entropiesatze und der Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt, über deren reale Bedeutung sich ja streiten lässt, von denen aber wohl kein Unbefangener leugnen wird, dass sie unseren Ideenkreis zu erweitern und Fingerzeige zu neuen Gedankenkombinationen und sogar Versuchen zu geben im stande sind.

Alle diese Leistungen und zahlreiche frühere Errungenschaften der Atomlehre können durch die Phänomenologie oder Energetik absolut nicht gewonnen werden, und ich behaupte, dass eine Theorie, welche Selbständiges, in anderer Weise nicht Gewinnbares leistet, für welche obendrein so viele andere physikalische, chemische und krystallographische Thatsachen sprechen, nicht zu bekämpfen, sondern fortzupflegen ist. Der Vorstellung über die Natur der Moleküle aber wird man den weitesten Spielraum lassen müssen. So wird man die Theorie des Verhältnisses der Wärmekapacitäten nicht aufgeben, weil sie noch nicht allgemein anwendbar ist; denn die Moleküle verhalten sich nur bei den einfachsten Gasen und auch bei diesen nicht bei höchsten Temperaturen und nur hinsichtlich ihrer Zusammenstösse wie elastische Körper; über ihre nähere, gewiss enorm komplizierte Beschaffenheit aber hat man noch keine Anhaltspunkte; man wird vielmehr solche zu gewinnen suchen. Neben der Atomistik kann die ebenfalls unentbehrliche, von jeder Hypothese losgelöste Präcisierung und Discussion der Gleichungen einhergehen, ohne dass letztere ihren mathematischen Apparat, erstere ihre materiellen Punkte zum Dogma erhebt.

Bis heute aber herrscht noch der lebhafteste Kampf der Meinungen; jeder hält seine für die echte, und er möge es, wenn es in der Absicht geschieht, ihre Kraft den anderen gegenüber zu erproben. Der rapide Fortschritt hat die Erwartungen auf das höchste gespannt, was wird das Ende sein?

Wird die alte Mechanik mit den alten Kräften, wenn auch der Metaphysik entkleidet, in ihren Grundzügen bestehen bleiben oder einst nur mehr in der Geschichte fortleben, von Hertz' verborgenen Massen oder von ganz anderen Vorstellungen verdrängt? Wird von der heutigen Molekulartheorie trotz aller Ergänzungen und Modifikationen doch das Wesentliche übrig bleiben, wird einmal eine von der jetzigen total verschiedene Atomistik herrschen oder sich gar entgegen meiner Beweisführung die Vorstellung des reinen Continuums als das beste Bild erweisen? Wird die mechanische Naturanschauung einmal die Hauptschlacht der Entdeckung eines einfachen mechanischen Bildes für den Lichtäther gewinnen, werden wenigstens mechanische Modelle immer bestehen, werden sich neue, nicht mechanische als besser erweisen, werden die beiden Energiefaktoren einmal alles beherrschen, oder wird man sich schliesslich begnügen, jedes Agens als die Summe von allerhand Erscheinungen zu beschreiben, oder wird gar die Theorie zur blossen Formelsammlung und daran sich knüpfenden Discussion der Gleichungen werden?

Wird überhaupt je einmal die Überzeugung entstehen, dass gewisse Bilder nicht mehr von

einfacheren, umfassenderen verdrängt werden können, dass sie „wahr" sind, oder machen wir uns vielleicht die beste Vorstellung von der Zukunft, wenn wir uns das vorstellen, wovon wir gar keine Vorstellung haben?

In der That interessante Fragen! Man bedauert fast, sterben zu müssen lange vor ihrer Entscheidung. O unbescheidener Sterblicher! Dein Los ist die Freude am Anblick des wogenden Kampfes!

Übrigens möge man lieber das Naheliegende bearbeiten, als sich um so Fernes den Kopf zerbrechen. Hat doch das Jahrhundert genug geleistet! Eine unerwartete Fülle positiver Thatsachen und eine köstliche Sichtung und Läuterung der Forschungsmethoden vermacht es dem Kommenden. Ein spartanischer Kriegerchor rief den Jünglingen zu: Werdet noch tapferer als wir! Wenn wir, einer alten Gepflogenheit folgend, das neue Jahrhundert mit einem Segenswunsche begrüssen wollen, so können wir ihm fürwahr, an Stolz jenen Spartanern gleich, wünschen, es möge noch grösser und bedeutungsvoller werden, als das scheidende!

Πατρὸς ἀμείνων.

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

C. Pulfrich, Über den von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellten stereoskopischen Entfernungsmesser.

An der Hand von Zeichnungen, Stereoskopbildern mit darin eingesetzten Messskalen und mehreren fertigen Entfernungsmessern von 50 cm, 87 cm und 144 cm Basis, bezw. 8-, 14- und 23facher Fernrohrvergrösserung führte der Vortragende folgendes aus: Der stereoskopische Entfernungsmesser beruht zum Unterschied von allen bisherigen Entfernungsmessern auf dem Sehen mit zwei Augen, indem er die dem Menschen von der Natur verliehene Gabe, mit seinen beiden parallel gerichteten Augen stereoskopisch zu sehen, direkt verwertet und des weiteren auf der Anwendung des von Helmholtz angegebenen sogenannten Telestereoskops, vermittelst dessen man imstande ist, die dem Sehen mit unbewaffneten Augen gesteckten Grenzen des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung je nach der Wahl der Basis des Instruments und der Fernrohrvergrösserung nach Belieben zu erweitern. In welcher Weise dieses Helmholtzsche Telestereoskop seine erfolgreiche praktische Verwirklichung und Verwertung durch die Bemühungen der Firma Carl Zeiss gefunden hat, dürfte durch die von der Firma in den letzten Jahren in den Handel gebrachten neuen Doppelfernrohre (Feldstecher, Relief- oder Scheren-Fernrohre und die neuerdings hergestellten Stand- oder Aussichtsfernrohre) genügend bekannt sein.[1]) Der stereoskopische Entfernungsmesser macht von einem derartigen Doppelfernrohr direkt Gebrauch. Aber in die Bildfeldebenen sind durch Zeichnung hergestellte und durch Photographie verkleinerte Marken mit Zahlen eingesetzt, welche beim Sehen mit beiden Augen als ein neues Raumbild von Marken sich darbieten, so, dass dieses Raumbild über dem Raumbild der Landschaft zu liegen scheint und die gesuchte Entfernung eines Landschaftspunktes unmittelbar an diesen künstlichen Merkzeichen abgelesen werden kann. Die stereoskopisch in die Tiefe führende Reihe bezw. Reihen von Marken sind somit direkt vergleichbar mit einem wirklichen Massstab, den man zur Messung der Entfernung in die Landschaft hineinlegt.

Diese dem Apparat zu Grunde liegende Idee ist der Firma im Anfang des Jahres 1893, ohne irgend einen Wegweiser für die praktische Verwirklichung, durch den vor kurzem verstorbenen Ingenieur Hector de Grousilliers in Charlottenburg mitgeteilt und zum Zweck der technischen Ausarbeitung der Methode und der wirtschaftlichen Verwertung übergeben worden. Die Neuheit und die Eigenart der Aufgabe machten umständliche Vorversuche und behufs allmählicher Überwindung der zahlreichen Schwierigkeiten die wiederholte Anfertigung von Versuchsmodellen nötig. Jetzt, nachdem alle Schwierigkeiten überwunden sind, hat die Firma mit der regelrechten fabrikationsmässigen Herstellung des Apparates begonnen. Auch sind bereits mehrere Apparate dieser Art in den praktischen Gebrauch übergegangen. Ein Referat über die Verwendung des Entfernungsmessers für militärische (infanteristische) Zwecke findet

1) Man vergleiche die bezüglichen Kataloge der Firma Zeiss und den Aufsatz von Dr. S. Czapski, Über neue Arten von Fernrohren für den Handgebrauch, Jena 1895

sich im „Militärwochenblatt" (Berlin) Nr. 66 vom 26. Juli d. J.

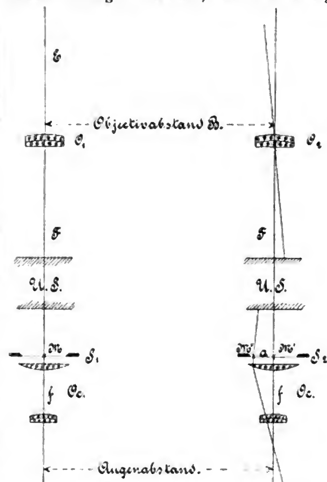
Was die innere Einrichtung des Entfernungsmessers anbetrifft, so ist in erster Linie folgendes von Bedeutung. Der Entfernungsmesser besteht aus zwei in starrer Verbindung miteinander befindlichen Fernrohren. Die Anpassung an die Augenweite des Beobachters geschieht ausserhalb des eigentlichen Messapparates allein durch Veränderung des Abstandes der beiden Okulare. Infolge dieser Anordnung ist für den regelrechten Gebrauch jedwede Störung der optischen Wirkung durch Richtungsänderungen der Fernrohre zu einander so gut wie ausgeschlossen. Zum Schutze der Fernrohre gegen Durchbiegung infolge einseitiger Temperatureinflüsse (Wind, Sonnenschein, Anfassen mit der Hand u. s. w.) und zum Schutz gegen äussere Beschädigungen durch Stoss u. s. w. sind die Fernrohre ausserdem in Umhüllungsrohre eingeschlossen, welche ohne Berührung mit den beiden Fernrohren an dem Mittelstück befestigt und aussen mit Leder, an den Enden mit Filzpolster überzogen sind. Dadurch ist erreicht, dass alle von aussen auf das Instrument einwirkenden Temperaturveränderungen von allen Seiten gleichmässig auf die inneren Teile sich übertragen, so dass selbst unter den ungünstigsten Witterungsverhältnissen eine Störung der Justierung des Instruments nicht beobachtet wird.

Insbesondere war auch die Durchbiegung der Fernrohre durch die Schwere bezw. die Veränderung dieser Durchbiegung mit der Veränderung des Elevationswinkels und deren Einfluss auf das Messungsresultat zu berücksichtigen. Es hat sich herausgestellt, dass bei Apparaten bis zu 50 cm Basis durch geeignete Wahl des Materials und des Rohrdurchmessers Vorkehrung dafür getroffen werden kann, dass diese Fehlerquelle noch nicht merklich in die Messung eingreift. Für diese kleineren Apparate konnte daher die bei den grösseren Modellen benutzte und von Prof. Abbe erfundene besondere Justierungseinrichtung (D. R.-P. Nr. 73,568, Anwendung von zwei sogenannten Gautier-Prandtlschen Reflexionsprismen mit konstanter Ablenkung, welche Prismen, vor das Fernrohrobjektiv gebracht, in kürzester Zeit und ohne Zuhilfenahme unendlich ferner Punkte die genaueste Parallelstellung der beiden Fernrohre ermöglichen) vollkommen entbehrt werden.[1])

Aber auch bei diesen kleinen Instrumenten sind Vorkehrungen getroffen, welche es dem Beobachter ermöglichen, etwaige Verrückungen in der relativen Lage von Bild und Skala, wie sie als die Folge von stärkeren äusseren Erschütterungen und Stössen auftreten können, jederzeit selbst, ohne Zuhilfenahme der Werkstätte, wieder zu beseitigen. Zu diesem Zwecke ist bei allen Apparaten jede der beiden Skalen auf einen Schlitten gesetzt und von aussen durch Stellstifte zum Verschieben eingerichtet, die eine Skala in vertikaler, die andere in horizontaler Richtung, so dass man im stande ist, die Verschiebungen der Bilder durch Nachrücken der Skalen wieder zu kompensieren.

1) Wegen der Justiereinrichtung vgl. des näheren die unter der obigen Nummer von seiten des Kaiserl. Patentamtes ausgegebene Patentschrift.

Der Entfernungsmesser ist endlich noch mit Hilfseinrichtungen versehen, welche es ermöglichen, den Apparat auch für die Beobachtung bei Nacht und im Dämmerlicht zur Messung der Entfernung von Lichtern zu verwenden.



Die hierzu dienenden Hilfseinrichtungen bestehen aus zwei in der Mitte durchbrochenen weissen Schirmen, welche unter 45° zur Blickrichtung vor den Fernrohrobjektiven befestigt und durch eine vor die Mitte des Apparates gehaltene Lichtquelle beleuchtet werden. In dem dadurch gleichmässig erhellten Gesichtsfelde erscheint der zu messende Lichtpunkt als ein körperliches, frei in der Luft schwebendes Objekt und kann als solches wie jedes andere Objekt mit Hilfe der stereoskopischen Tiefenskala gemesen werden.

Die Berechnung der Lage der Marken geschieht in folgender Weise.[1]) In der obenstehenden Figur seien O_1 und O_2 die Objek-

1) Siehe auch die Patentschrift D. R.-P. No. 82571.

tive des Doppelfernrohres, S_1 und S_2 die beiden Bildfeldebenen und *Oc.* die Okulare. Das Porrosche Prismensystem, durch welches die Aufrichtung des Bildes und die Verkürzung des Abstandes der Fernrohrachsen auf den Augenabstand A bewirkt wird, ist durch *U. S.* angedeutet. Die wirksame Basis — der Abstand der Objektivöffnungen — werde mit B bezeichnet.

Bei genau parallel gerichteten Fernrohrachsen sind in den beiden Bildfeldebenen die Bildpunkte, z. B. M und M', eines und desselben unendlich weit entfernten Objekts genau gleich gelegen; nicht so bei einem in endlicher Entfernung E gelegenen Objekt. Nehmen wir an, der Bildpunkt in der Bildfeldebene S_1 falle wiederum mit M zusammen, so ist sofort zu sehen, dass der Bildpunkt M' desselben Objekts in der Bildebene S_2 eine parallaktische Verschiebung (a) von M' nach M'' erleidet, welche sich aus der gegebenen Entfernung berechnet zu:

$$a = \frac{BF}{E}.$$

Im übrigen sind die Marken auf zwei, bezw. auf drei in verschiedener Neigung in die Tiefe führenden geraden Linien angeordnet. Die Grössenverhältnisse der aufeinanderfolgenden Marken derselben Reihe sind thunlichst den Regeln der Perspektive angepasst.[1]) Ferner ist den natürlichen Verhältnissen der Landschaftsbilder nach Möglichkeit dadurch Rechnung getragen, dass die einzelnen Markenreihen mit der Entfernung etwas nach oben ansteigen.

Die eigentliche Messung besteht dann in nichts anderem, als dass man das Instrument so hält, dass die Markenreihe frei in der Luft über dem zu messenden Objekt dahin streicht und man nun darauf achtet, an welcher Stelle der Markenreihe das betreffende Objekt körperlich in dieselbe sich einordnet. Fällt das Objekt zwischen zwei Marken, so wird der Bruchteil des Intervalls geschätzt.

Bezüglich der eingangs erwähnten Entfernungsmesser-Modelle von 50 cm, 87 cm und 144 cm Basis sei im einzelnen noch erwähnt, dass die Skala des ersten Modells die Entfernungen von 75 m bis 3000 m, die des zweiten Modells die Entfernungen von 300 m bis 5000 m und die des dritten Modells die Entfernungen von 700 m bis 10000 m umfassen.

Genauigkeitsgrad und sonstige charakteristische Merkmale der stereoskopischen Entfernungsmessung. Über die Genauigkeit der stereoskopischen Entfernungsmessung bezw. über die Empfindlichkeit der stereoskopischen Tiefenunterscheidung sind in Jena gleich zu Anfang der Versuche und auch weiterhin ausgedehnte Studien sowohl mit den verschiedenen Entfernungsmessermodellen als auch mit eigens dafür konstruierten Apparaten angestellt worden, welche demnächst im Zusammenhang publiziert werden sollen. Die Hauptpunkte, welche sich hierbei ergeben haben, lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen.

Die stereoskopische Verschmelzung der Netzhautbilder im binokularen Sehen führt ganz besonders günstige Bedingungen für die Ausnützung der Sehschärfe eines Beobachters herbei, sofern nur die beiden Augen des Beobachters annähernd die gleiche Sehschärfe haben.[1]) Für gewöhnlich gute Augen kommen parallaktische Richtungsunterschiede von weniger als 30 Sekunden im freien Sehen (entgegen der bekannten Helmholtzschen Angabe von einer Minute) mit Sicherheit als Tiefenunterschiede im Raumbild zum Bewusstsein. Jugendliche Personen, welche recht scharfe Augen besitzen und diese bei ihrer täglichen Beschäftigung in gleichmässiger Übung haben erhalten können, erreichen sogar eine noch viel weitergehende Tiefenunterscheidung — bis zu zehn Sekunden und noch weniger im freien Sehen —, wie ausgedehnte Versuche mit Arbeitern der Werkstätte und anderen Personen gezeigt haben.

Personen der vorbezeichneten Art bedürfen in der Regel nur einer sehr kurzen Übungszeit, um zu dem Maximum ihrer Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Tiefenunterscheidung zu gelangen. Dagegen haben die Erfahrungen mit älteren und namentlich mit solchen Personen, welche in ihrem Leben sehr viel mit einem Auge beobachtet, z. B. mikroskopiert haben und hierbei eine gewisse Fertigkeit in der Unterdrückung des Eindruckes erlangt haben, welchen das bei der Beobachtung des Objekts nicht beteiligte Auge empfängt, gezeigt, dass sowohl die Raumvorstellung der Skala als auch die Genauigkeit der Messung erst durch längere Übung so weit gefördert wird, dass auch solche Personen für die stereoskopische Entfernungsmessung mit Vorteil benutzt werden können.

Das vorstehend angegebene Resultat für die Grenze der Tiefenunterscheidung ist mit den Untersuchungen von Cohn (Breslau) und Wülfing (Tübingen) über die Sehschärfe des einzelnen Auges, beziehungsweise den kleinsten noch sichtbaren Winkel durchaus im Einklang. Der Unterschied ist hier aber der: Während bei dem Sehen mit einem Auge die angegebene äusserste

1) Die einzelnen Marken können übrigens ausser zur eigentlichen Entfernungsmessung ohne weiteres auch zum Messen in der Ferne, d. h. zum Ausmessen der Höhe und der Breite entfernter Gegenstände, verwertet werden.

1) Selbstverständlich ist bei dem Entfernungsmesser in der gleichen Weise wie bei den Zeiss-Feldstechern die Einrichtung getroffen, dass man die Oculare einzeln für jedes Auge einstellen kann.

Grenze der Sehschärfe im Betrage von rund zehn Sekunden nur unter ganz besonders günstigen Versuchsbedingungen (scharf markierte Objekte, Einstellung auf Fadenkreuz, Ablesung von Teilungen mit Nonius u. s. w.), wo Symmetrie und Helligkeit den Vergleich unterstützen, erreicht wird, in allen anderen Fällen aber weit hinter derselben zurückbleibt, ist beim stereoskopischen Sehen die für je einen Beobachter erzielte äusserste Grenze der Genauigkeit der Messung so gut wie unabhängig von der Art und dem Aussehen der anvisierten Objekte. Gegenstände, welche gar keine markierten Punkte darbieten, bei welchen also ein Pointieren der gewöhnlichen Art völlig ausgeschlossen ist, wie etwa eine entfernte Bodenfalte, unregelmässiges Buschwerk oder der Saum eines Waldes, aber auch solche Dinge, die nicht einmal Konturen zeigen, wie eine Rauch- oder Staubwolke, lassen an der stereoskopischen Tiefenskala ebenso sich einstellen, wie eine Kirchturmspitze, solange durch das Fernrohr gesehen sie noch vom Hintergrunde sich abheben. Die Unterschiede besserer oder schlechterer Beleuchtung und grösserer oder geringerer Durchsichtigkeit der Luft kommen wegen der durch das Sehen mit beiden Augen bewirkten Lokalisation des Objekts im Raum weniger als bei jedem anderen Entfernungsmesser in Betracht.

Was insbesondere die durch die Unruhe des Bildes bewirkte Störung anbetrifft — beispielsweise beim Beobachten über eine von der Sonne bestrahlte Ebene —, so ist sofort zu sehen, dass die Unruhe des Bildes an sich für die Messung ohne Nachteil ist. Denn in jedem einzelnen Moment sind die Ablenkungen der Lichtstrahlen im rechten und linken Fernrohr wegen des zur Entfernung geringen Abstandes der Objektive sehr nahe die gleichen. Aber der Umstand, dass diese Ablenkungen in beiden Fernrohren nicht vollkommen genau übereinstimmen, bewirkt, dass das Objektbild in schneller Aufeinanderfolge seine scheinbare Entfernung vom Beobachter wechselt. In solchen Fällen beobachtet man die Extremwerte und nimmt das Mittel.

Die Erklärung für diese charakeristischen Vorzüge der stereoskopischen Entfernungsmessung wird darin erblickt, dass bei dem gewöhnlichen Pointierverfahren durch monokulare Beobachtung immer nur ein einzelner für die Messung mehr oder weniger geeigneter Punkt des Objekts benutzt wird, dass dagegen bei dem gleichzeitigen und binokularen Betrachten der beiden Objektbilder diese in ihrer ganzen Ausdehnung thätig sind, das stereoskopische Bild des Objekts an einer bestimmten Stelle des Raumes festzuhalten.

Es ergiebt sich ferner von selbst, dass die Beobachtung beweglicher Objekte, z. B. von fliegenden Vögeln oder eines Luftballons oder einer Wolke am Himmel, nicht nur ausführbar ist, sondern gerade wegen der Isolierung des Objekts von der Umgebung für die stereoskopische Tiefenwahrnehmung besonders günstige Bedingungen herbeiführt. Ebenso ist ersichtlich, dass eine feste Aufstellung des Entfernungsmessers nicht erforderlich ist, die Benutzung eines Stativs daher nur geraten erscheint, um das Gewicht des Instruments zu tragen. Der obenerwähnte achtfache Entfernungsmesser wiegt ungefähr 3 kg und kann bequem noch mit freier Hand gebraucht werden. Die beiden grösseren Modelle bedürfen eines Stativs. Ihr Gewicht beträgt 8, bezw. 13,5 kg.

Die für eine bestimmte Entfernung erzielte Genauigkeit der Messung ist ausser von der durch die Sehschärfe des menschlichen Auges bedingten Grenze der stereoskopischen Tiefenwahrnehmung ($\delta = 30$ Sekunden) noch abhängig von den beiden nachstehenden optischen Konstanten des Doppelfernrohres: von dem Objektivabstand B und der Fernrohrvergrösserung V. Sind diese gegeben, so lassen sich die den einzelnen Apparaten und Entfernungen E zugehörigen Fehler der Messung ohne weiteres berechnen zu:

$$dE = -\frac{E^2}{BV}\,da = -\frac{E^2}{B\,.\,V}\,\delta.$$

Für die numerische Berechnung von dE schreiben wir einfacher:

$$dE = \frac{E^2}{R},$$

in welchem Ausdruck R den nachstehenden Wert hat:

$$R = r \times \frac{B}{A}\,V.$$

Hierin bedeutet der Faktor $\frac{B}{A}\,V$ die durch das Doppelfernrohr erzielte sog. totale Plastik des Bildes. Die numerischen Werte für diese Plastik — diejenige im freien Sehen gleich 1 gerechnet — ergeben sich für die drei eingangs erwähnten Entfernungsmesser-Modelle der Reihe nach zu 63, 188 und 510. Der andere Faktor, r, ist der Radius des stereoskopischen Feldes im freien Sehen, mit anderen Worten diejenige Entfernung, in welcher ein Objekt unter einem Konvergenzwinkel der Augen im Betrage von 0,5 Minute gesehen wird und daher von der dahinter befindlichen „Unendlichkeit" eben noch körperlich sich abhebt. Für einen mittleren Augenabstand $A = 65$ mm erhält man den Wert $r = A/\delta$ zu $r = 447$ m. Der Radius R des durch die gesteigerte Plastik erweiterten stereoskopischen Feldes ist somit für die drei obigen Modelle der Reihe nach gleich

28 km, 84 km und 228 km.

Wir erhalten demnach die in nachstehender Tabelle verzeichneten Fehler:

Entfernung	I. Modell 8fach, 50 cm Basis	II. Modell 14fach, 87 cm Basis	III. Modell 23fach, 144 cm Basis
500 m	9 m	3 m	—
1000 m	35 m	12 m	5 m
2000 m	141 m	50 m	18 m
4000 m	564 m	200 m	70 m
8000 m	—	800 m	280 m

Selbstverständlich gelten diese Fehlerwerte nur für vollkommen durchsichtige und ruhige Luft. In dem Masse, wie die Trübung der Luft und deren Unruhe zunehmen, nehmen auch die Fehler mit wachsender Entfernung schneller zu, wie in der vorstehenden Tabelle angegeben ist.

Für das kleinere, aus freier Hand zu benutzende Instrument kann eine Prüfung der Fehlerwerte leicht in der Weise ausgeführt werden, dass man dem Objekt so weit sich nähert, bis die betreffende Marke in genau der gleichen Entfernung erscheint wie das Objekt, diese Einstellung mehrere Male wiederholt und hierauf die gefundenen Aufstellungen des Apparats hinsichtlich ihres Ortes miteinander vergleicht.

Der Vortragende erläutert hierauf noch kurz eine zweite Art der Ausführung des stereoskopischen Entfernungsmessers, deren charakteristisches Merkmal darin besteht, dass statt der Reihe von Marken in jedem einzelnen Gesichtsfeld nur eine einzige Marke sich vorfindet, welche Marke aber — entweder durch mikrometrische Bewegung der einen oder der anderen der beiden Marken in der Richtung der geraden Verbindungslinie oder durch mikrometrische Verschiebung des einen oder des anderen der beiden Landschaftsbilder in gleicher Richtung — ihren scheinbaren Ort im Raum stetig ändert und in bestimmter Stellung des die Bewegung des Bildes vermittelnden „Kompensators" in gleicher Entfernung erscheint, wie das zu beobachtende Objekt. Die gesuchte Entfernung wird dann vom Beobachter oder von einem anderen an der Trommelteilung des Kompensators abgelesen. Der Vorteil dieser Messmethode mit wandernder Marke gegenüber der Anwendung einer Skala besteht darin, dass man hintereinander mehrere voneinander vollständig unabhängige Einstellungen machen und dadurch die Sicherheit der Messung erhöhen kann. Andererseits geht hierbei der die Anwendung einer Skala auszeichnende Vorteil der leichteren Übersicht und des schnellen Erfassens der Entfernungen verschiedener Objekte mehr oder weniger verloren.

Zum Schluss zeigt dann der Vortragende noch einen Apparat zur Ausmessung des Augenabstandes für parallel gerichtete Augen und einen weiteren hierfür ebenfalls verwendbaren Demonstrationsapparat — ohne Linsen, aus zwei nebeneinander gelegten Metallrohren bestehend und mit entsprechenden Marken an dem Ende der beiden Rohre —, mit dessen Hilfe eine Reihe von instruktiven Versuchen über das stereoskopische Sehen im allgemeinen und die stereoskopische Entfernungsmessung im besonderen sich anstellen lassen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Discussion (Von den Beteiligten durchgesehen.)

Lummer. Man nahm bisher an, dass das unbewaffnete Auge Gegenstände trennt, die unter einer Winkelminute erscheinen. Bei grösserem Augenabstande und unter Benutzung vergrössernder Fernrohre wird natürlich die Grenze der Auflösung entsprechend herabgedrückt, so dass, wenn jener Faktor 60 ist, eine Winkelsekunde als Grenze angenommen werden kann. Unter diesen Annahmen wird aber ein nach dem telestereoskopischen Prinzip gebauter Fernmesser zu ungenau, der noch handliche Dimensionen haben soll. Ich möchte nun gern wissen, ob die von Herrn Pulfrich angegebene Grenze einer grösseren Sehschärfe des Auges erst dadurch erreicht wird, dass man als Messprinzip nach dem Vorschlag des Herrn Grousilliers eine Okularskala in die Landschaft hinausprojiziert?

Pulfrich. Das ist doch wohl ein Irrtum. Eine Minute als Grenze der Sehschärfe hat man, gestützt auf Helmholtz, immer angenommen. Das ist aber nicht richtig. Man kann, wie wir durch eigene Versuche festgestellt haben, viel weiter gehen. Auch die Versuche, die von Cohn in Breslau an Schulkindern angestellt wurden, sagen uns, dass man mit der Grenze viel weiter gehen kann.

Lummer. Das hängt doch von der Helligkeit bezw. der Helligkeitsdifferenz der zu beobachtenden Objekte ab. Einen Beduinen am klaren Horizont des Wüstenhimmels sieht man, auch wenn er weit unterhalb einer Bogenminute erscheint.

Pulfrich. Gewiss, aber derartige Unterbrechungen der Helligkeit einer sonst gleichmässig erhellten Fläche haben mit der vorliegenden Frage direkt nichts zu thun.

Lummer. Gut, nehmen wir an, die Grenze der Sehschärfe sei kleiner gefunden als eine Bogenminute; dann möchte ich wissen, was die Einführung der Skala mit dieser vergrösserten Sehschärfe zu thun hat und ob durch sie die Grenze unserer Sehschärfe weiter gerückt wird?

Pulfrich. Nein, die Einführung der Messskala ist eine Sache für sich.

v. Hefner-Alteneck. Ich habe mit Bedauern gehört, dass Grousilliers bereits tot ist. Weil er also seine Anschauungen hier nicht vertreten kann, so will ich als sein einstmaliger

Kollege hier aussprechen, dass sein Anteil an der Erfindung nicht gar so gering ist, obwohl ich gewiss der letzte bin, zu behaupten, dass das Aussprechen einer Idee genügt; die Durcharbeitung ist sicherlich die Hauptsache. Grousilliers hat sich mit seiner Idee an mich gewendet, ich habe mit Helmholtz darüber gesprochen, und Helmholtz hat mit aller Bestimmtheit gesagt, die Sache ginge nicht. Ich glaube, dass es ein grosses Verdienst von Grousilliers ist, diese Idee, die eine überaus glückliche ist, angeregt zu haben. Es handelt sich hier um einen Apparat, für den schon eine unendliche Menge von Arbeit aufgewendet ist. Denn eine ganze Anzahl von Mechanikern hat es versucht, einen Distanzmesser zu konstruieren, und sie sind nicht damit zu stande gekommen. Ich habe den Eindruck, dass der hier vorgezeigte Apparat das vollendetste Instrument dieser Art ist. Ich bedaure, dass es nicht geheim gehalten worden ist; denn seine grösste Bedeutung scheint mir auf militärischem Gebiete zu liegen.

Pulfrich. Auf die letzte Frage des Herrn Vorredners bedaure ich, keine Auskunft geben zu können. Im übrigen möchte ich bemerken, dass uns Grousilliers, als er im Jahre 1893 an uns herantrat, geschrieben hat, dass sowohl Kundt als auch Helmholtz ihm die Richtigkeit des Prinzips und die praktische Möglichkeit der Ausführung des Instruments bestätigt hätten. Kundt habe ihm dann geraten, sich eben wegen der Ausführung des Instruments nach Jena an Professor Abbe zu wenden.

Stabsarzt Seitz. Bezüglich der Sehschärfe will ich bemerken, dass aus vielen Untersuchungen mit Hilfe der Cohnschen Sehtafeln hervorgeht, dass sie über eine Bogenminute hinausreicht. Wir haben bei den Mannschaftsuntersuchungen festgestellt, dass die Sehschärfe eine weitaus grössere ist, wie wir sonst immer vermuteten. Gegenstände, die auf 6 m Entfernung gesehen werden sollten, wurden von der Hälfte der Soldaten auf 8—10 m gesehen. Nach Berichten von Reisenden werden solche Gegenstände von Beduinen auf 27—28 m Entfernung gesehen und habe ich selbst Fussartilleristen gefunden, welche die gleiche Sehschärfe, also 2—3 mal besser als normal, besassen.[1])

Lummer. Es kann doch Helmholtz wegen seines Urteils zur damaligen Zeit kein Vorwurf treffen. Ich habe selbst das Gutachten geschrieben, und Helmholtz hat es unterschrieben. Wenn man damals als Grenze für das Auflösungsvermögen des Auges eine Bogenminute annahm, so nahm es eben die Wissenschaft an. Wenn der Verlauf der Versuche das anders gelehrt hat, so ist das eine neue Erkenntnis. Ich begreife aber auch dann noch nicht, wieso die Einführung des Grousilliersschen Prinzips, also das Hineinprojizieren der Skala in die Landschaft, unsere Sehschärfe vergrössert. Das ist mir noch unklar und darüber wollte ich gern Aufschluss erlangen. Wenn das Wesentliche die Erkenntnis ist, dass wir bisher unsere Sehschärfe (1 Bogenminute) als zu gering angenommen haben, da sie nach Pulfrich etwa $^1/_6$ Bogenminute sein soll, so ist das eine neue Thatsache, eine neue Erkenntnis. Im wesentlichen ist das neue Instrument dann doch das Telestereoskop von Helmholtz, dessen Genauigkeit lediglich von der Sehschärfe und jenem Faktor (Vergrösserung mal vergrösserter Augenabstand) abhängt. Wie man misst, ist für die Genauigkeit gleichgültig, ob mit Hilfe einer Winkelmessung oder mittels der Grousilliersschen Skala.

v. Hefner-Alteneck. Es wäre aber nicht von neuem in Angriff genommen worden, wenn nicht Grousilliers' Idee die Anregung dazu gegeben hätte. Und weiter hat Grousilliers sich schon dahin ausgesprochen, dass es möglich ist, auf diese Art einen praktischen Distanzmesser zu konstruieren, und auch die Genauigkeit hat er höher geschätzt.

Lummer. Das hat er nicht ausgesprochen.

Pulfrich. Das Hineintragen der Skala in das Raumbild der Landschaft erhöht die Empfindlichkeit der stereoskopischen Tiefenunterscheidung überhaupt nicht. Diese letztere ist an sich viel grösser, als sie von Helmholtz angenommen wurde.[1]) Im übrigen war die Idee, so wie sie uns vorgelegt wurde, nur eine ungelöste Aufgabe. Über etwaige frühere Versuche, welche für uns hätten von Wert sein können, ist uns nichts bekannt geworden. Zum Beweise dafür, mit welchen Schwierigkeiten wir bei der Durcharbeitung zu kämpfen hatten, will ich nur anführen, dass wir fast drei Jahre gebraucht haben, bis das erste gebrauchsfähige Instrument fertig war.

v. Hefner-Alteneck. Ich kann nur wiederholen, dass Grousilliers mit seiner Idee die Anregung zu dem neuen Distanzmesser gegeben hat. Selbst gearbeitet hat er daran nicht, und konnte er nach Lage der Dinge auch nicht. Nichts liegt mir ferner, als die grundlegenden Arbeiten Helmholtz' herabzusetzen, oder Helmholtz einen Vorwurf zu machen.

Lummer. Und ich wollte nur betonen, dass wir auf Grund des damaligen Standes der Wissenschaft richtig geurteilt haben. Soweit eine

1) Münchener med. Wochenschr. 1897, S. 1042.

1) Ich will hierzu noch ausdrücklich bemerken, dass selbst für den Fall, dass eine Bogenminute die Grenze bilde, die Vorteile des stereoskopischen Entfernungsmessers im Vergleich mit anderen Apparaten dadurch nicht geschmälert werden; denn diese eine Minute würde bei dem stereoskopischen Entfernungsmesser unter allen Umständen, bei den anderen Apparaten nur in wenigen Grenzfällen erreicht werden. (Man vergleiche meine obigen diesbezüglichen Ausführungen.)

Bogenminute als Grenze richtig war, war unser Gutachten richtig, und dann konnte das Instrument trotz der Grousilliersschen Skala wegen zu geringer Genauigkeit (bei handlichen Dimensionen) dem Militär nicht dienen. Die neue Erkenntnis der grösseren Sehschärfe haben wir jetzt erst gemacht, der Beweis dafür scheint erst am fertigen Instrumente erbracht worden zu sein.

Martens. Wenn das Auflösungsvermögen des Auges kleiner als 1 Minute gefunden wird, so wäre das sehr interessant. Es läge dann nahe, zu sagen, dass es begrenzt ist durch die Beugungswirkung der beschränkten, etwa 5 mm betragenden Öffnung der Pupille und nicht von der Beschaffenheit der Netzhaut abhängt.

Pulfrich. Wir haben gefund[illegible] dass das Maximum der Sehschärfe in der Re[illegible] schon erreicht wird, wenn der Durchmesser [illegible] Pupillenöffnung 2 bis $2\frac{1}{2}$ mm beträgt.[1])

Martens. Das wäre doch sehr [illegible]rkwürdig. Die Beugungstheorie würde das [illegible]este Auflösungsvermögen bei der grössten, [illegible]wa 5 mm betragenden Pupillenbreite ergebe[illegible] die Thatsachen würden zeigen, dass es be[illegible]iner kleineren Pupillenbreite besser ist.

1) Bei einer 5 mm grossen Pupillenöff[illegible]g wird die Messung zu sehr durch die Unvollkommenhei[illegible] des Auges beeinflusst. Auch würde die Anwendung einer [illegible]enso grossen Austrittspupille des Instruments nur das Gew[illegible]t desselben vergrössern, im übrigen aber nur wenige Vo[illegible]ile bringen, da unter den gewohnlichen Helligkeitsverhältni[illegible]n am Tage die Pupillenöffnung meist kleiner ist als 5 mm.

REFERATE.



Allgemeine Chemie.

Besorgt von Privatdocent Dr. A. Coehn.

Über eine quantitative elektrolytische Trennungsmethode der Halogene Chlor, Brom, Jod. Von Heinrich Specketer. Ztschrft. f. anorgan. Chem. 21, S. 273 (1899).

Die Arbeiten von Le Blanc haben gezeigt, dass jedem Ion ein bestimmtes Entladungspotential entspricht. Es hat sich als möglich erwiesen, Metalle, deren Entladungspunkte nicht zu nahe aneinander liegen, durch Abstufung der elektromotorischen Kraft zu trennen. Die vorliegende Arbeit unternimmt es, dieses Prinzip für die quantitative Trennung von Metalloiden zu verwerten. Auf die Wahrscheinlichkeit günstigen Erfolges wiesen die grossen Unterschiede der Entladungspotentiale der Halogene $Cl = 1{,}31$ V., $Br = 0{,}94$ V., $J = 0{,}52$ V. Den Nullpunkt für diese Werte bildet das Entladungspotential des Wasserstoffs aus einer für diesen normalen Lösung. Die Trennung der Halogenwasserstoffe gelang zunächst nicht, da die an der Anode entladenen Halogene im Gegensatz zu den Metallen keine haftenden Überzüge bilden, sondern in die Lösung diffundieren und so an der Kathode zur Rückbildung der Wasserstoffverbindungen Anlass geben.

Zum Ziele führte eine andere Methode, welche auf der Überführung der Halogene in ihre Silberverbindungen beruht, indem man zwischen einer Platinkathode und einer Silberanode elektrolysiert. Die Anwendung der Formel von Nernst führt zur Bestimmung derjenigen elektromotorischen Kraft, welche zur Überführung des Silbers in die verschiedenen Silberhalogene erforderlich ist. Dabei ist aber Voraussetzung, dass durch den Vorgang an der Kathode keine wesentliche Änderung der Zersetzungsspannung herbeigeführt wird — wie das der Fall ist, wenn nur Wasserstoff abgeschieden wird. Vollzieht sich aber die Elektrolyse an der Luft, so wirkt der Sa[illegible]erstoff an der Kathode depolarisierend. Dur[illegible]h diesen Vorgang wird eine elektromotorische Kraft von 1,08 Volt geliefert, um welchen Betrag also die angewendete elektromotorische Kraft gesteigert würde. Um diesen Fehler zu umgehen, ist es erforderlich, eine Wasserstoffatmosphäre über dem Elektrolyten zu erhalten.

Von Interesse ist noch die Vorrichtung, durch welche es ermöglicht wird, bei beträchtlicher Stromabgabe eine konstante Spannung zu erhalten, die ohne weiteres verändert werden kann. Es wird hierzu eine Thermosäule durch einen geringen Widerstand geschlossen und von diesem mittels eines Gleitkontaktes die Arbeitsspannung abgenommen.

Die Resultate sind zufriedenstellend. Von Küster war festgestellt, dass die amorphen Niederschläge, die beim Fällen von Chlorsilber und Bromsilber aus einer gemischten Lösung von Chlorkalium und Bromkalium entstehen, feste Lösungen bilden. Es hat sich gezeigt, dass unter den in der vorliegenden Arbeit angewendeten Bedingungen solche feste Lösungen nicht entstehen. Es wäre sonst die Trennung nicht möglich gewesen. Wahrscheinlich schlagen sich bei der äusserst langsamen elektrolytischen Abscheidung die Silberhaloide krystallinisch nieder, in diesem Zustande aber ist die Mischbarkeit weit geringer als im amorphen Zustande.

Coehn.

Personalien.

Prof. A. Bantlin aus Braunschweig ist auf den neu errichteten Lehrstuhl für maschinentechnische Fächer an die Technische Hochschule in Stuttgart berufen.

Privatdocent G. Rasch aus Karlsruhe ist als Professor für Elektrotechnik an die Technische Hochschule in Aachen berufen.

An der Universität Leipzig hat sich Dr. H. Liebmann für Mathematik habilitiert.

Der ausserordentliche Professor der anorganischen Chemie in München Dr. W. Muthmann ist zum ordentlichen Professor ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 10. 2. December 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen.

Von A. Sommerfeld. (Vorläufige Mitteilung.)

Seitdem es feststeht, dass die Kathodenstrahlen aus fortgeschleuderten Elektronen, Teilchen von sehr geringer Masse und starker elektrischer Ladung, bestehen, hat eine Auffassung über das Wesen der Röntgenstrahlen sehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen, welche zuerst von E. Wiechert[1]) und Sir George Stokes[2]) ausgesprochen und von J. J. Thomson[3]) weiter ausgeführt und begründet ist: dass nämlich die Röntgenstrahlen als eine impulsive (d. h. kurze und starke) Gleichgewichtsstörung des Äthers anzusehen sind, welche durch die plötzliche Hemmung der von den Kathodenstrahlen mitgeführten Ladungen hervorgerufen wird, und welche sich nach den Maxwellschen Gleichungen zeitlich und räumlich fortpflanzt.

Zur Prüfung dieser Auffassung dürften sich die Beugungserscheinungen ganz besonders eignen. Indessen nützen diesbez. Beobachtungen wenig, solange man sie nicht mit einer exakten Theorie vergleichen kann. Ich habe mir daher, auf Anregung meines Freundes E. Wiechert, die Aufgabe gestellt, eine Beugungstheorie für impulsive Ätherstörungen zu entwickeln und bemerke noch, dass dieselbe Theorie auch für die Akustik der Geräusche (nicht die der musikalischen Töne) eine gewisse Bedeutung hat.

Da die gewöhnliche Beugungstheorie wesentlich den periodischen Charakter der Äthererregung voraussetzt und überdies nur näherungsweise und nur unter den in der Optik vorliegenden Verhältnissen gültig ist, so war ich auf andere, exakte Methoden[1]) angewiesen, welche ich früher für den Fall der Optik auseinandergesetzt habe und die sich auf den vorliegenden Fall übertragen lassen. Es handelte sich darum, 1) ein scharfes mathematisches Problem zu formulieren, 2) das Integral des Problems zu finden, 3) das Resultat geometrisch und numerisch zu discutieren. Daran schliessen sich 4) und 5) Entwickelungen, welche auf die Verwertung etwa anzustellender oder schon vorhandener Beobachtungen zielen.

1. Das Problem ist folgendes: Der Schirm sei eine unendlich dünne, für die elektromagnetische Störung undurchlässige (d. h. unendlich stark absorbierende) Halbebene. Die gerade Kante desselben stehe senkrecht auf der xy-Ebene und gehe durch den Anfangspunkt $x = y = 0$. Der ursprüngliche und also auch jeder folgende Zustand sei in jeder zur Schirmkante parallelen (zur xy-Ebene senkrechten) Geraden der nämliche, hänge also ausser von t nur von x und y ab; er lässt sich dann durch Angabe der beiden zur Schirmkante parallelen Komponenten der elektrischen und magnetischen Kraft vollständig beschreiben, indem die senkrechten Komponenten aus jenen durch einfache Differentiationen abgeleitet werden können. Be-

1) Abh. der Phys.-ökon. Ges. zu Königsberg, 1896, S. 1, sowie Wied. Ann. Bd. 59, S. 283, 1896, vergl. besonders § 6.
2) Proc. of the Cambridge Phil. Soc., Bd. 9, S. 215, 1896, und Proc. of Manchester Liter. and Phil. Soc. 1897.
3) Phil. Magazine. Febr. 1898.

1) Math. Ann. Bd. 47, S. 317. 1896.

zeichnet u eine der beiden parallelen Komponenten und V die Lichtgeschwindigkeit, so folgt aus den Maxwellschen Gleichungen zunächst die Differentialgleichung für u:

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = V^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right).$$

Ferner hat man längs des Schirmes, bei dem vorausgesetzten Schirmmaterial, die Oberflächenbedingungen:

$$(2)\begin{cases} u = 0, \text{ wenn } u \text{ die par. Komp. d. elektr. Kraft,} \\ \dfrac{\partial u}{\partial n} = 0, \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„ magn.} \quad \text{„} \end{cases}$$

Soweit enthält das Problem noch nichts für die Röntgenstrahlen Charakteristisches. Dies liegt lediglich in den hinzuzufügenden Anfangsbedingungen. Wir müssen uns u und $\frac{\partial u}{\partial t}$ in der ganzen xy-Ebene für irgend einen Zeitmoment, sagen wir für die weit zurückliegende Zeit $t = -T$ geben. Und zwar werden wir dieses so bequem wie möglich bewerkstelligen.

Sehen wir zunächst von dem Vorhandensein des Schirmes, also von den Bed. (2) ab, so ist ein der Gl. (1) genügender Zustand durch

$$u = f(x + Vt)$$

gegeben. Definieren wir die willkürliche Funktion f so, dass sie nur für ein kurzes Wertegebiet ihres Argumentes, z.B. in der Nähe des Wertes $x + Vt = 0$, von Null verschieden ist, so haben wir einen einmaligen kurzen Impuls vor uns; wählen wir sie dagegen als periodische Funktion (z. B. gleich sin), so liegt der Fall der gewöhnlichen Optik vor. Im ersteren Fall werden wir von einem ebenen Impulse sprechen, so wie man in der Optik von einer ebenen Welle redet, weil in beiden Fällen die Flächen gleichen u's Ebenen (senkrecht zur x-Achse) sind. Einem ebenen Impulse entspricht z. B. die Annahme

$$f(z) = e^{-k^2 z^2}, \quad z = x + Vt,$$

falls k eine grosse Zahl ist. (Vgl. die punktierte Kurve in Fig. 1.) Statt dessen können wir



Fig. 1.

aber auch f irgendwie graphisch, am einfachsten durch die nebenstehende Rechtecksform von der geringen Breite λ und der Höhe 1 geben. In der xy-Ebene beschränkt sich dann die Störung auf einen schmalen geradlinigen Streifen von der Breite λ senkrech Achse, welcher sich in der Richtung der ienden x mit Lichtgeschwindigkeit fortsc

Bei Anwesenheit des Schirme dieser „ebene Impuls" natürlich unmöglich handelt sich gerade darum, die durch den rm bewirkte Modifikation desselben (die ung) zu berechnen. Den Anfangszustand können und wollen wir genau so wählen, wie diesem ebenen Impuls. Wir wollen also f tzen:

$$(3)\qquad \begin{cases} u = f(x + Vt) \\ \dfrac{\partial u}{\partial t} = Vf'(x + Vt) \end{cases} \text{für } t = -$$

Der Anfangszustand besteht dan us einer Störung, welche sich zur Anfangszei $= -T$ in der grossen Entfernung $x = VT$ on der Schirmkante befindet und auf einen chmalen Streifen senkrecht zur x-Achse besch nkt ist.

2. Wie die Gl. (1) unter den Bed (2) und (3) zu integrieren ist, wolle man in ler ausführlichen Darstellung, die für Math. An . Bd. 53 oder 54 vorbereitet wird, nachlesen. Hier nur das Resultat:

Wir machen die Spur des Schirmes zur Achse eines Polarkoordinatensystems (r, φ), so dass die eine Seite des Schirmes durch $\varphi = 0$, die andere durch $\varphi = 2\pi$, die Schirmkante durch $r = 0$ gegeben ist. Der Einfallsrichtung des ursprünglich ebenen Impulses, die wir vorher zur x-Achse nahmen, entspreche der Winkel φ', so dass $x = r\cos(\varphi - \varphi')$ wird. (Um zu verhindern, dass unsere Störung schon anfangs mit dem Schirm kollidiert, können wir φ' zwischen $\pi/2$ und $3\pi/2$ voraussetzen.)

Wir haben nun in der xy-Ebene drei Gebiete zu unterscheiden (vgl. Fig. 2), in denen

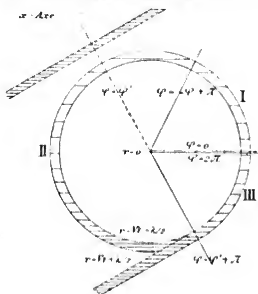


Fig. 2.

unser Integral durch formal verschiedene Ausdrücke dargestellt wird. Das Gebiet I reicht von $\varphi = 0$ bis $\varphi = -\varphi' + \pi$, das Gebiet II von

$-\varphi' + \pi$ bis $+\varphi' + \pi$, das Gebiet III von $+\varphi' + \pi$ bis 2π. Die Grenze zwischen II und III kann man bezeichnen als Grenze des geometrischen Schattens für die einfallende Störung, die Grenze zwischen I und II spielt dieselbe Rolle für eine Störung, die man sich durch Reflexion an der Schirmoberfläche aus der einfallenden entstanden denken kann. Setzen wir noch zur Abkürzung

$$(4) \quad v(\varphi') = -\frac{1}{4\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f(-r\cos ib + Vt)\frac{db}{\cos\frac{1}{2}(ib+\varphi-\varphi')},$$

wo i die imaginäre Einheit und b eine Integrationsvariable bedeutet, so schreibt sich die Lösung folgendermassen:

$$(5)\begin{cases}\text{in I}: u = f(r\cos(\varphi-\varphi') + Vt) + v(\varphi') \\ \qquad\quad + f(r\cos(\varphi+\varphi') + Vt) \mp v(-\varphi'), \\ \text{in II}: u = f(r\cos(\varphi-\varphi') + Vt) + v(\varphi') \mp v(-\varphi'), \\ \text{in III}: u = v(\varphi') \mp v(-\varphi'):\end{cases}$$

Das obere oder untere Vorzeichen gilt, je nachdem u die elektrische oder magnetische Kraftkomponente parallel dem Schirmrande bedeutet, je nachdem also die erste oder zweite der Gl. (2) gilt. Der erste Term der rechten Seite in I und II bedeutet die einfallende Störung und ist mit $f(x + Vt)$ identisch. Der dritte Term in I stellt eine scheinbar aus dem Innern des Schirmes kommende, d. h. eine reflektierte Störung dar. Die Glieder $v(\varphi')$ und $v(-\varphi')$ geben den gebeugten Bestandteil der Erscheinung (gebeugte einfallende und gebeugte reflektierte Störung).

Man wird unschwer verifizieren, dass die angegebenen Ausdrücke den Bedingungen (1), (2) und (3) genügen. Dass sie sich überdies an der Grenze I II und II III stetig aneinanderschliessen, und dass der eine Ausdruck die analytische Fortsetzung des anderen darstellt, ist dagegen aus der vorstehenden Form der Lösung nicht leicht zu ersehen; dies folgt aber aus einer komplexen Form des Integrals, die ich hier unterdrücke.

Ich muss jetzt noch eine Änderung an der gefundenen Lösung vornehmen. Dabei habe ich eine Frage zu streifen, die auch für die Grundlagen der Optik wichtig ist. Bekanntlich operiert die Optik mit dem Begriff des schwarzen Körpers, d. h. eines Mittels, welches das Licht weder durchlässt noch zurückwirft. Es ist aber, wie ich mich überzeugt habe, unmöglich, den Begriff des schwarzen Körpers durch einfache Grenzbedingungen im Sinne der Maxwellschen oder irgend einer anderen Lichttheorie zu definieren. Die Bed. (2) entsprechen jedenfalls nicht dem absolut schwarzen, sondern dem absolut reflektierenden (dem absolut blanken Körper, wie es P. Drude gelegentlich zu mir ausdrückte). In der That kommt denn auch in (5) ein Bestandteil vor, den wir schon als reflektierte Störung ansprachen. Ich lasse es dahingestellt, ob man nicht in der Optik mit dem absolut blanken Körper ebensogut arbeiten könnte, wie mit dem üblichen schwarzen. Jedenfalls aber können wir in der Theorie der Röntgenstrahlen den blanken Körper nicht brauchen. Denn man beobachtet bei Röntgenstrahlen nur eine eigenartige diffuse Reflexion, welche für die photographische Wirkung nicht in Betracht kommen dürfte, und wird daher annehmen müssen, dass sich gegenüber den Röntgenstrahlen jedes undurchlässige Mittel wie ein schwarzer Körper verhalte. Die reguläre Reflexion, wird man sich vorstellen, wird durch die atomistische Konstitution der Elektricität im Innern des schwarzen Körpers vernichtet.

Wie kann man nun diesem Umstande in der Lösung (5) Rechnung tragen? Einfach so, dass man diejenigen Terme streicht, die sich als reflektierte, von dem Schirm ausgehende Störung kennzeichnen. Es ist dieses ein Vorschlag, den W. Voigt[1]) anlässlich meiner oben genannten Arbeit gemacht und den er selbst bei einer Weiterführung[2]) dieser Arbeit befolgt hat. Der schwarze Körper wird dann einfach zu einem Diaphragma, in dem die Licht- bez. Röntgenstrahlung verschwindet. Dass auch hierdurch keine mathematisch ganz befriedigende und von Willkür freie Definition des schwarzen Körpers gewonnen wird, dass vielmehr das Problem dadurch seine eindeutige Bestimmtheit verliert, hat schon Herr Voigt auseinandergesetzt; doch scheint dieses in der Natur der Sache, d. h. im Begriff des schwarzen Körpers begründet zu sein.

Unsere Lösung (5) vereinfacht sich daraufhin wie folgt:

$$(6)\begin{cases}\text{in I+II}: u = f(r\cos(\varphi-\varphi') + Vt) + v(\varphi'), \\ \text{in III} \quad : u = v(\varphi').\end{cases}$$

In den Gebieten I und II haben wir nunmehr lediglich einfallendes und gebeugtes, in III nur gebeugtes Röntgenlicht.

Übrigens gelange ich bei der oben nicht ausgeführten Integration des Problems in erster Linie zu dieser Lösung (6); aus ihr setze ich die Lösung (5) durch „Spiegelung" an der Schirmoberfläche zusammen.

3. Bei der folgenden numerischen Discussion setze ich zur Abkürzung $\psi = \varphi - \varphi' - \pi$, so dass ψ den (von der Schattengrenze aus gezählten) sogen. Beugungswinkel bedeutet, und lege für f die Rechtecksform aus Fig. 1 zu Grunde. Dann lässt sich das Integral (4) elementar ausführen und man erhält:

1) Kompendium der theor. Physik. Bd. II, S. 768.
2) Gött. Nachr. 1899, Heft 1.

$$(7)\qquad \begin{cases} \text{wenn} & r > Vt + \lambda/2 \\ & v = 0, \\ \text{wenn} & Vt + \lambda/2 > r > Vt - \lambda/2 \\ & v = \frac{1}{\pi}\, arctg \sqrt{\frac{Vt - r + \lambda/2}{r(1 - \cos\psi)}}, \\ \text{wenn} & Vt - \lambda/2 > r \\ & v = \frac{\lambda}{2\pi}\sqrt{\frac{r(1-\cos\psi)}{Vt - r}}\,\frac{1}{Vt - r\cos\psi}. \end{cases}$$

Die Bedeutung dieser Formeln, von denen die dritte eine für unsere Zwecke ausreichende Näherung darstellt, während die beiden ersten genau sind, wird klar werden, wenn wir in zeitlicher Reihenfolge die Schicksale des vom Unendlichen her auf den Schirmrand hinwandernden Impulses auf Grund dieser Formeln schildern.

Das streifenförmige Störungsgebiet befindet sich anfangs (für $t = -T$) in grosser Entfernung $r = VT$ vom Schirmrande. Während es auf diesen mit Lichtgeschwindigkeit zueilt, ist von einer Beugung zunächst nichts zu bemerken; es ist $v = 0$ [s. die ersten Zeilen von (7)], da Vt und auch $Vt + \lambda/2$ zunächst negativ, mithin in jedem Punkte der xy-Ebene kleiner als der betr. positive Wert r ist. In dem Momente $Vt = -\lambda/2$ reicht die Störung mit ihrer Front an die Schirmkante heran, in dem Momente $Vt = +\lambda/2$ ist sie über diese hinweggegangen. Der Impuls teilt sich nun; die eine Hälfte läuft an dem Schirme entlang und entschwindet daselbst, die andere schreitet im Gebiete II fort und schneidet dabei (vgl. Fig. 2) mit der Schattengrenze ab.

Gleichzeitig beginnt sich aber vom Schirmrande ein anderer Impuls, der gebeugte, fortzupflanzen. Derselbe geht radial vom Schirmrande nach allen Richtungen gleichzeitig vor und kann daher im Gegensatz zu dem immer in der gleichen Richtung φ fortschreitenden ebenen Impulse als Cylinderimpuls bezeichnet werden. Derselbe hält längs der Schattengrenze mit dem ebenen Impulse gleichen Schritt, da er sich gleichfalls mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt, und bildet sozusagen eine Fortsetzung des ursprünglichen Impulses ins Innere des Schattengebietes (vgl. Fig. 2). Nach aussen hin ist unser Cylinderimpuls durch den Kreis $r = Vt + \lambda/2$, nach innen durch den Kreis $r = Vt - \lambda/2$ begrenzt. Im Innern des so entstehenden Ringes wird er durch die dritte und vierte Zeile von (7) gegeben.

Ins Äussere des Kreises $r = Vt + \lambda/2$ ist zur Zeit t noch keine gebeugte Störung gelangt, entsprechend den ersten Zeilen von (7). Im Innern des anderen Kreises $r = Vt - \lambda/2$ dagegen hat unser Cylinderimpuls ein gewisses „Residuum" zurückgelassen, welches durch die beiden letzten Zeilen von (7) bestimmt wird. Dasselbe ist im Verhältnis zur einfallenden Störung sehr gering, weil es mit dem kleinen Faktor λ behaftet ist. Auf der Schattengrenze selbst ist es direkt gleich Null (wegen des Faktors $\sqrt{r(1-\cos\psi)}$) und nimmt von da aus nach dem Kreise $r = Vt - \lambda/2$ hin zu (wegen des Faktors $(Vt - r)^{-1/2}$).

Auch unser Cylinderimpuls ist in einiger Entfernung von der Schattengrenze klein gegen die einfallende Störung, weil der Zähler in dem Argument des $arctg$ auf dem ganzen Kreisringe nicht grösser wie λ ist; der $arctg$ selbst wird also von der Grössenordnung $\sqrt{\lambda}$, während die einfallende Störung die Grösse 1 hat. Anders in nächster Nähe der Schattengrenze. Hier verschwindet nämlich der Nenner im Argument des $arctg$; das Argument wird ∞, der $arctg$ gleich $+\frac{\pi}{2}$ und v gleich $+\frac{1}{2}$ oder $-\frac{1}{2}$, je nachdem wir uns der Schattengrenze von dem Gebiete III oder II her nähern. Die Grösse des Cylinderimpulses erleidet also an der Schattengrenze einen Sprung von der Grösse 1, welcher gerade den plötzlichen Abfall des ebenen Impulses (von 1 auf 0 beim Übergange von II zu III) aufhebt. In der Schattengrenze selbst wird somit der ebene Impuls durch die Beugung auf die Hälfte reduziert.

Wollen wir die Grösse des Cylinderimpulses, unter Absehung vom Vorzeichen, modellieren, so würden wir etwa das Bild von Fig. 3 erhalten. Wir haben auf dem Kreisringe zwischen

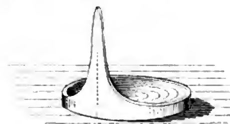


Fig. 3.

$r = Vt - \lambda/2$ und $r = Vt + \lambda/2$ einen Wall zu errichten, welcher an seiner höchsten Stelle, in der Schattengrenze, die Höhe $1/2$ hat und welcher von da nach den Seiten hin schnell abfällt. Nach aussen sind die Wände des Walls sehr steil, nach innen, wo sich das „Residuum" ansetzt, fallen sie sanfter ein. Cylinderimpuls und Residuum würden zusammen den Eindruck eines Kraters (mit einer zackenartigen Erhebung in der Schattengrenze) machen. Wollen wir auch das Vorzeichen berücksichtigen, so müssten wir im Gebiete I + II den Wall nach unten, und nur im Schattengebiete III, sowie in der Figur angedeutet, nach oben hin auftragen.

Noch ein Wort über die Schnelligkeit, mit

der die Grösse des Cylinderimpulses von der Schattengrenze aus nach den Seiten hin abnimmt. Diese hängt lediglich von dem Werte λ/r ab; sie ist um so grösser, je kleiner dieser Wert ist. Für die mittelste Faser ($r = 17$) des Kreisringes wird sie durch die Fig. 4 gegeben. Die Abscissen bedeuten den Wert von ψ (wobei $\psi > 0$ vorausgesetzt), die Ordinaten den Wert von v oder was bei $\psi > 0$ dasselbe

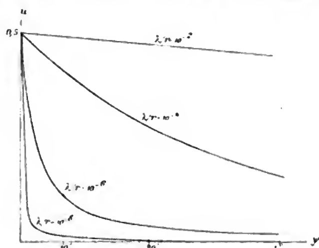


Fig. 4.

ist, den von u. Die vier Kurven in Figur 4 entsprechen den Werten $\lambda/r = 10^{-8}$, 10^{-6}, 10^{-4}, 10^{-2} und sind für $0 < \psi < 1$ konstruiert.

Mit wachsendem t erweitert sich unser Krater beständig. Er zieht dabei das Residuum in seinem Innern hinter sich her, welches immer weitere Flächen einnimmt und dabei an Grösse abnimmt, und schreitet gleichzeitig mit dem an der Schattengrenze abbrechenden ebenen Impulse vor, bis sich beide für $t = \infty$ im Unendlichen verlieren, wo sich das Residuum zu Null abgeflacht hat.

4. Wir kommen nun zu den physikalischen Folgerungen unserer Theorie.

Die augenfälligste ist die, dass die Beugung zugleich mit der Breite des Impulses abnimmt. Bei unendlich kurzem Impulse haben wir eine absolut scharfe Schattengrenze, wie schon J. J. Thomson[1]) angegeben; je weniger jäh der Impuls ist, desto weiter breitet sich die Störung in das Gebiet des geometrischen Schattens aus (vgl. Fig. 4), und desto ergiebiger wird auch der Zustand ausserhalb des eigentlichen Schattengebietes durch Anwesenheit des Schirmes beeinflusst. Unsere Impulsbreite λ spielt also eine ähnliche Rolle wie die Wellenlänge λ der Optik, wo es ja eine absolut scharfe Schattengrenze auch nur bei unendlich kleinem λ giebt.

Dabei tritt der folgende, leicht verständliche Unterschied zu Tage: In der Optik haben wir in der Nähe der Schattengrenze Maxima und Minima, bei unseren impulsiven Störungen dagegen einen ununterbrochenen, mehr oder minder steilen Abfall.

Offenbar werden die kurzen Impulse eine stärkere Durchschlagskraft gegenüber absorbierenden Medien besitzen wie die länger ausgedehnten, während die längeren, wie wir sahen, die Beugung besser erkennen lassen. Es sind also gerade diejenigen Röntgenstrahlen, die sich für die eigentliche Radiographie am besten eignen, für Beugungsbeobachtungen am ungeeignetsten.

Aus der oben cit. Theorie von J. J. Thomson geht hervor, dass die ganz kurzen Impulse nur zu erwarten sind, wenn die dieselben erzeugenden Kathodenstrahlen nahezu Lichtgeschwindigkeit haben, und dass die Dauer des Impulses zunimmt, wenn sich die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen von der Lichtgeschwindigkeit entfernt. Letzteres erreicht man bekanntlich durch geringere Verdünnung des Kathodenraumes. Indem man also der Reihe nach verschiedene Verdünnungsgrade herstellt, erhält man verschiedene Sorten von Röntgenstrahlen; von diesen müssen die den höchsten Verdünnungsgraden entsprechenden fast gar nicht, die den niedrigsten am meisten gebeugt werden. Gerade durch den Vergleich der mit verschiedenen Strahlensorten erhaltenen Beugungsbilder dürfte sich unsere Hypothese über die Natur der Röntgenstrahlen am ehesten prüfen lassen.

Diese Folgerungen qualitativer Art sind jetzt nach der quantitativen Seite hin zu ergänzen. Unsere Absicht ist dabei, das Beugungsbild, wie es eine hinter dem Schirm befindliche photographische Platte entwirft, so weit vorherzubestimmen, dass man durch den Vergleich mit der Beobachtung die Impulsbreite λ der zur Verwendung gekommenen Röntgenstrahlen berechnen kann.

Unsere bisherigen Entwickelungen bedürfen zu dem Zweck noch der Vervollständigung; denn es ist nicht die bisher berechnete (elektrische oder magnetische) Kraft u, welche die Wirkung auf der photographischen Platte bestimmt, sondern die elektromagnetische Energie, u. zw. der Gesamtbetrag derselben, welcher in der Zeit von $-\infty$ bis $+\infty$ auf die betr. Stelle der Platte fällt. Wir wollen annehmen, dass die elektrische Erregung parallel der Schirmkante polarisiert ist und dass allein die elektrische (nicht auch die magnetische) Energie photographisch wirksam ist. (Sonst würde die Rechnung etwas umständlicher, das Resultat aber nicht wesentlich geändert werden.) Ferner wollen wir annehmen, dass die photographische Platte das Feld ihrerseits nicht stört.

1) l. c. S. 182.

Die in irgend einem Punkte (r, φ) wirksame Energie ist dann gegeben durch

$$\frac{1}{8\pi}\int\limits_{-\infty}^{+\infty} u^2 dt.$$

Für den einfallenden, durch den Schirm noch nicht modifizierten Impuls ist dies Integral, bei der in Fig. 1 vorausgesetzten Gestalt und Grösse des Impulses, gleich $\tau/8\pi$, wo $\tau = \lambda/V$ die Dauer des Impulses ist. Wir wollen nun als „relative Intensität" I das Verhältnis der Energie des ursprünglichen zu der des modifizierten Impulses bezeichnen, also

$$I = \frac{V}{\lambda}\int\limits_{-\infty}^{+\infty} u^2 dt$$

setzen. In den von direktem Röntgenlicht beschienenen Gebieten I + II wird dann I nahezu $= 1$, auf der Schattengrenze haben wir genau $I = 1/4$. Um I im Schattengebiet III zu bestimmen, hat man den Wert von u aus den Gl. (7) zu entnehmen und die Integration auszuführen. Die etwas umständliche Rechnung liefert:

$$(8) \qquad I = \frac{1}{n^2}\left(\frac{1+s}{s} arctg^2 \sqrt{s} - \frac{2}{\sqrt{s}} arctg \sqrt{s} + \frac{log(1+s)}{s} + \frac{s}{4} log \frac{s+2}{s} - \frac{s}{2(s+2)}\right),$$

wo $s = \lambda/r(1 - cos\,\varphi)$ gesetzt ist. Ist nun der Abstand r_0 der photographischen Platte von der Schirmkante n-mal so gross wie λ und bedeutet ς den Abstand eines Punktes der Platte von der Schattengrenze, so ergiebt sich leicht mit hinreichender Näherung:

$$(9) \qquad \varsigma = \sqrt{\frac{2 r_0 \lambda}{s}} = \sqrt{\frac{2n}{s}}\,\lambda.$$

Indem man nun für s eine hinreichende Anzahl von Werten einsetzt, kann man I als Funktion von ς, letzteres in Vielfachen von $\lambda\sqrt{n}$ gemessen, zeichnen (vgl. die folgende Fig. 5). Wie man sieht, spielt sich der Abfall der Intensität wesentlich zwischen $\varsigma = 0$ und $\varsigma = \lambda\sqrt{n}$ ab, in welchem Intervalle I von $1/4$ bis $1/15$ abnimmt. Von da aus läuft die Intensitätskurve ziemlich horizontal, indem sie sich asymptotisch der ς-Achse nähert.

Dies vorausgeschickt, können wir die oben gestellte Aufgabe lösen: aus dem experimentell erhaltenen Beugungsbild auf die Impulsbreite λ zu schliessen.

Wir denken uns auf der photographischen Platte die genaue Grenze des geometrischen Schattens bestimmt und messen von dieser aus nach dem Schattengebiete hin die Breite ς' desjenigen Streifens, auf welchem eine photographische Wirkung noch gerade bemerkbar ist. Dabei wollen wir etwa annehmen, dass $1/15$ der Intensität der direkten Strahlung noch eine gerade merkbare Wirkung hervorruft. (Natürlich ist die Zahl $1/15$ in hohem Masse willkürlich; man wird sie mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Platte und die Mittel, die man zum Bemerkbarmachen der photographischen Wirkung anwendet, in jedem besonderen Falle geeignet abzuändern haben.) Nun entspricht nach Fig. 5 der relativen Intensität $1/15$ als

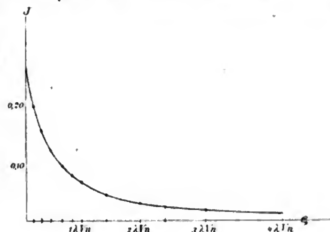


Fig. 5.

Abscisse der Wert $\lambda\sqrt{n}$. Dieser ist mit der gemessenen Breite ς' zu identifizieren. Wir haben also die Gleichung

$$(10) \qquad \varsigma' = \lambda\sqrt{n} = \sqrt{r_0 \lambda} \text{ oder } \lambda = \varsigma'^2/r_0,$$

aus welcher λ berechnet werden kann.

5. Bekanntlich ist es kürzlich den Herren H. Haga und C. H. Wind[1]) gelungen, einen Beugungseffekt bei Röntgenstrahlen einwandfrei nachzuweisen. Als Beugungsschirm diente ein schmaler, nach unten sich verengender Spalt, dessen obere Breite 14 μ, dessen untere nur 2 μ betrug. Der Beugungseffekt bestand darin, dass das Bild des Spaltes auf einer photographischen Platte nicht in demselben Maasse nach unten abnahm, wie der Spalt selbst, ja sich schliesslich wieder zu verbreitern schien. Die Verfasser sprechen auch von Maximis und Minimis, die sich am unteren Ende des Bildes einstellen sollen. Da diese aber aus der beigegebenen Nachbildung nicht ersichtlich sind, glaube ich hiervon absehen zu dürfen.

Nun ist es klar, dass das Beugungsbild eines Spaltes etwas anderes ist, wie die Summe der Beugungsbilder, welche die beiden den Spalt formierenden Halbebenen einzeln geben würden, ja dass auch das Beugungsbild an einer bestimmten Stelle des sich verjüngenden Spaltes

1) Amsterdamer Akademie, April 1899, S. 420 = Wied. Ann. 68, S. 884, 1899. Bei der Deutung ihrer Versuche stellen sich die Verf. auf den Standpunkt, dass die Röntgenstrahlung ein periodischer Vorgang im Äther sei, u. zw. ein rein periodischer Vorgang (l. c.) oder ein in gewisser Weise unregelmässig periodischer (C. Wind, Wied. Ann., 68, S. 896).

anders ausfallen wird, wie an einem durchweg parallelen Spalt von der Breite der betr. Stelle. Indessen ist es mir bisher nicht gelungen, den parallelen (geschweige denn den sich verjüngenden) Spalt befriedigend zu behandeln. Ich bin daher gezwungen, an die fraglichen Beobachtungen mit der obigen, auf die Halbebene zugeschnittenen Theorie heranzugehen.

Die Breite des Beugungsbildes am unteren Ende des Spaltes in Versuch 2 (Fig. 2) von Haga und Wind beträgt ca. 0,1 mm. Da die Breite der geometrischen Projektion des Spaltes auf der photographischen Platte hierneben nicht in Betracht kommt, so werden wir diese 0,1 mm ganz auf Rechnung der Beugung setzen, u. zw. die eine Hälfte durch Beugung an der einen, die andere durch Beugung an der anderen Halbebene des Spaltes entstanden denken. Hiernach wäre $\xi' = \frac{1}{20}$ mm. Ferner ist r_0 (bei Haga und Wind b genannt) gleich 75 cm. Wir erhalten also nach (10):

$$\lambda = \frac{1}{400 \cdot 750} \text{ mm} = \tfrac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ mm} = 3{,}3 \, \mu\mu \, .$$

Die von Haga und Wind verwendeten Röntgenstrahlen würden hiernach eine Impulsbreite von einigen Millimikron besessen haben.

Nach der cit. Thomsonschen Theorie müsste die Impulsbreite $>$ dem Durchmesser der Kathodenpartikelchen sein ($=$ nur in dem Grenzfalle, wenn die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen die Lichtgeschwindigkeit ist und die Hemmung an der Röhrenwand plötzlich erfolgt). Nehmen wir an, dass die Grösse der Kathodenpartikelchen, entsprechend ihrer geringeren Masse, etwa gleich dem zehnten Teile des Durchmessers der Wirkungssphäre eines ponderabeln Moleküls ist (d. h. dass sie nach der Schätzung Lord Kelvin's[1]) zwischen $\frac{1}{100}$ und $\frac{1}{500}$ μ liege), so haben wir zu erwarten

$$\lambda > \frac{1}{500} \mu .$$

Der oben gefundene Wert von λ steht also mit der Thomsonschen Betrachtung nicht in Widerspruch.

Wir betonen nochmals, dass unsere Theorie nicht ohne Bedenken auf die Haga-Windschen Beobachtungen bezogen werden darf. Zuverlässige Schlüsse werden sich aus den Beugungserscheinungen erst dann ergeben, wenn es gelingt, entweder das Experiment auf die Halbebene oder die Theorie auf den Spalt auszudehnen.

Clausthal, November 1899.

(Eingegangen 7. Novbr. 1899.)

1) Vgl. Natural Philosophy, Part. II, App. F.

Untersuchungen über permanente Magnete.

II. Über die Abhängigkeit des Induktionskoefficienten vom Dimensionsverhältnisse.[1])

Von Ignaz Klemenčič.

Legt man einen Magnet vom Momente M mit seiner Achse in die Richtung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus X, so wird sein Moment

$$= M + aX \text{ oder } = M(1 + \beta X),$$

wo $\beta = \frac{a}{M}$ von Lamont als Induktionskoefficient bezeichnet wird.

Kohlrausch drückt den Induktionskoefficienten in anderer Weise aus. Nach ihm bedeutet der Induktionskoefficient die Veränderung des specifischen Magnetismus, resp. die Vermehrung oder Verminderung des magnetischen Moments der Masseneinheit, welche durch die Einheit der magnetisierenden oder entmagnetisierenden Kraft hervorgebracht wird.

Hinsichtlich der Abhängigkeit des Induktionskoefficienten von den Eigenschaften und der Beschaffenheit des Magnets sagt Lamont ganz allgemein, dass der Induktionskoefficient um so kleiner ausfällt, je härter und dünner ein Magnet ist. Auch F. Kohlrausch macht in seinem „Leitfaden der praktischen Physik" 8. Aufl. S. 378 die allgemeine Bemerkung, dass der Induktionskoefficient von Gestalt, Härte, chemischer Beschaffenheit abhängt und für unmagnetisches Material etwas grösser ist als für magnetisiertes.

Ich untersuchte die in der ersten Abhandlung[2]) benutzten 18 Magnetstäbe auch hinsichtlich des Induktionskoefficienten bei drei verschiedenen Feldstärken (1·07; 0·46 und 0·12 abs. E.) und zwar für den magnetischen und unmagnetischen Zustand der betreffenden Probestücke. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate verzeichnet. Es bedeutet darin:

Bez. die Bezeichnung des Magnets wie in der ersten Abhandlung.

V das Dimensionsverhältnis.

M das magnetische Moment in abs. E.

G das Gewicht in Grammen.

Δ_o und Δ_g den Induktionskoefficienten nach Kohlrausch für den unmagnetischen, resp. magnetischen Zustand.

$\delta\,\%$ den Unterschied dieser Induktionskoefficienten in Prozenten.

Δ_m den Induktionskoefficienten nach Weber, jedoch nicht auf die Horizontalkomponente, sondern auf die Einheit der Feldstärke bezogen.

1) Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. 108, 1899, S. 989.
2) Diese Zeitschrift, No. 9, S. 89.

Bez.	V	M		Δ_o	Δ_g	δ%	Δ_m
45,4	9·9	112	5·0	0·172	0·176	—2	0·00792
45,6	15·2	291	7·5	0·217	0·217	0	0·00556
45,8	20·6	510	9·7	0.252	0·241	+4	0·00458
45,10	25·4	766	12·0	0·268	0·247	+9	0·00386
45,15	37·7	1380	18·7	0·297	0·248	+19	0·00337
UI,4	10·1	122	5·1	0·180	0·181	0	0·00756
UI,6	15·2	303	7,5	0·222	0·225	—1	0·00559
UI,8	20·8	531	9,4	0·252	0.244	+3	0·00429
UI,10	25·3	802	12,3	0·263	0.247	+6	0·00379
UI,15	37·8	1454	18·2	0·302	0·247	+22	0·00310
00,4	10·3	137	4·9	0·141	0.140	0	0·00502
00,6	15·5	310	7·3	0·158	0·158	0	0·00374
00,8	20·3	512	9·8	0·178	0·163	+9	0·00312
00,10	25.6	742	12·1	0·183	0·158	+16	0·00257
00,15	37·6	1310	18·7	0·197	0·154	+28	0·00221
45,3	5·0	63·5	5·0	0·112	0·113	—1	0·0147
45,6	10·1	362	10·1	0·188	0·191	—1	0.00881
45,9	15·2	910	15·2	0·294	0·300	—2	0·00815

Die Werte des Induktionskoefficienten, wie sie bei den drei Feldstärken gefunden wurden, waren nicht weit verschieden, daher sind in der Tabelle die Mittelwerte angeführt. Aus der Tabelle geht hervor, dass der auf die Gewichtseinheit bezogene Induktionskoefficient bei Dimensionsverhältnissen von circa 45 bis 15 für unmagnetisches Material grösser ist als für magnetisiertes; die Differenz nimmt jedoch mit dem Dimensionsverhältnis ab.

Betrachten wir den Einfluss des Dimensionsverhältnisses, so haben wir bei den Stahlsorten „45" und „UI" nahezu konstante Werte des Induktionskoefficienten Δ_g für die Dimensionsverhältnisse 37,5—15; von da ab bis 5 nehmen dieselben ab. Die Werte von Δ_m d. h. die auf das permanente Moment bezogenen Induktionskoefficienten nehmen jedoch mit abnehmendem Dimensionsverhältnis beträchtlich zu.

Bei den Stahlsorten „00" ergiebt sich wieder wie bei den Temperaturkoefficienten eine schwach ausgeprägte Anomalie, und zwar für die Magnete 00,15 und 00,10. Diese Anomalie wird wie bei den Temperaturkoefficienten auf eine Verschiedenheit in der Härtung zurückzuführen sein.

Schliesslich habe ich noch einige Versuche über die Abhängigkeit des permanenten Moments von der Art der Unterbrechung des magnetisierenden Feldes gemacht. Es wird mehrfach empfohlen behufs Erreichung eines möglichst hohen Moments das magnetisierende Feld nur langsam abnehmen zu lassen und nicht rasch zu unterbrechen. Es entsteht die Frage, wieviel man am Moment profitiert, wenn man diese Regel befolgt. Die angestellten Versuche haben gelehrt, dass bei dünneren Magneten (16 mm² Querschnitt) und den in der Praxis üblichen Dimensionsverhältnissen ausserordentlich wenig gewonnen wird. Der Gewinn beträgt circa 1—2 Prozent beim Dimensionverhältnis 10 und nur etwa 0·1 bis 0·2 Prozent beim Dimensionsverhältnis 37·5.

Die Zunahme des Moments macht sich erst bei grösseren Querschnitten bemerkbar. So war das Moment eines 10 cm langen Stabes von 100 mm² Querschnitt bei langsamer Abnahme um 7·2 Prozent grösser als bei rascher Unterbrechung. Dass hierbei auch der spec. Widerstand der Stahlsorte eine Rolle spielt, ist mit Rücksicht auf die Foucaultschen Ströme leicht erklärlich.

(Eingegangen 9. Novbr. 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Groningen (Direktor H. Haga).

2. Zur Demonstration einer von E. Mach entdeckten optischen Täuschung.

Von C. H. Wind.

Ich erlaube mir eine sehr einfache Versuchsanordnung zu beschreiben, welche gestattet, die gelegentlich der Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen von mir gefundene und an anderer Stelle[1]) ausführlich mitgeteilte, thatsächlich aber schon von Herrn E. Mach entdeckte[2]) optische Täuschung in ganz überraschender Weise zu demonstrieren.

Man stelle zwei Spalte auf, den einen in einer Entfernung von wenigen Centimetern (etwa 2 oder 3) von dem anderen. Zur Beleuchtung projiziere man mittels einer Sammellinse (Kondensor des Projektions-Apparates) auf den ersten Spalt das Bild einer beliebigen Lichtquelle, welches aber eine genügende Ausdehnung haben muss. Das durch diesen Spalt hindurchgelassene Licht falle auf den zweiten Spalt und erzeuge von demselben ein Bild auf einem 3 oder 4 m entfernten Projektionsschirm.

Hat man den zweiten Spalt 2 bis 3 mm breit genommen und lässt man dann den etwa mikrometrisch verstellbaren Lichtspalt allmählich von Null an bis auf einige Millimeter sich verbreitern, so sieht man an den Rändern des Bildes die bekannten Beugungsfransen, welche, bei genügender Parallelität der Spalte, anfangs zur Beobachtung gelangen, alsbald aber verschwinden; gleichzeitig sieht man an jedem Rande des Bildes einen hellen Streifen entstehen und sich vom Rande entfernen. Die beiden Streifen nähern sich dabei der Mitte des Spaltbildes und sie fahren, jeder für sich, in ihrer Bewegung fort, auch nachdem sie bei einer bestimmten Breite des Lichtspaltes in der Mitte des Spaltbildes einen Augenblick zusammen-

1) Proc. Roy. Acad. of Sc. Amst., 7, S. 7, 1898. — Vgl. auch Wied. Ann. 68, S. 886, 1899 und diese Zeitschrift, No. 9, S. 91.

2) Wiener Sitzungsberichte 2. Abt. 52, S. 303, 54, S. 131 u. 393, 57, S. 11, 1866—68.

gefallen sind. Eben nur bei diesem Zusammenfallen aber (und etwa sofort nach ihrer Entstehung aus dem ersten Beugungsmaximum am Rande) entsprechen die beobachteten Streifen einem wirklichen Lichtmaximum. In jeder anderen Lage sind sie bloss Produkte der erwähnten optischen Täuschung.

Den Mangel an Realität demonstriert man am einfachsten in der Weise, dass man mit einem mattschwarzen Schirme (von erheblich geringerer Höhe als das Spaltbild) von aussen seitlich an einen der Streifen heranfährt und dabei die eine der Zonen des Überganges zwischen dem dunkeln Grunde und dem maximal beleuchteten mittleren Teile des Spaltbildes allmählich verdeckt. Ist man mit dem schwarzen Schirme nahe an dem Streifen angelangt, so sieht man dort denselben stellenweise in überraschender Weise verschwinden, womit sich erweist, dass das Helligkeitsmaximum nur scheinbar ist und der benachbarten Übergangszone seine Entstehung verdankt.

Noch schöner fast fällt der Versuch aus, wenn man an die Stelle des zweiten Spaltes eine Stricknadel aufgestellt und dabei wiederum für genügende Parallelität derselben mit dem Lichtspalte Sorge getragen hat, und dann die allmähliche Verbreiterung des Spaltes vornimmt.

Der Schatten der Nadel erscheint anfangs beiderseitig von Beugungsfransen gesäumt; diese verschwinden bald und es entstehen an der Aussenseite des Schattens die sich immer weiter davon entfernenden hellen Streifen des vorigen Versuches. Der Kernschatten aber verschmälert sich fortwährend bei der Verbreiterung des Spaltes und löst sich, nachdem er schliesslich zu einem einzigen tiefdunkeln Streifen zusammengeschrumpft ist, in zwei dunkle Streifen, (scheinbare) Helligkeitsminima auf, welche sich jetzt allmählich von einander entfernen; der Schatten der Nadel erscheint wie verdoppelt.

In ähnlicher Weise wie oben überzeugt man sich wieder leicht mittels des schwarzen Schirmes davon, dass auch diese dunkeln Streifen eine optische Täuschung sind.

Die erwähnten scheinbaren Helligkeitsmaxima und -minima lassen sich auch beobachten an den photographischen Spalt- und Nadelbildern, welche man in den obigen Versuchen entsprechender Weise erhält, wenn man als Strahlenquelle eine Röntgen-Röhre benutzt und den Projektionsschirm durch eine photographische Platte ersetzt. Es sind aber die dann beobachteten Streifen dieselben, welche von den Herren Fomm, Precht, Maier u. a. als Beugungs-, resp. Interferenzstreifen gedeutet wurden.

Groningen. C. H. Wind.

(Eingegangen 11. Novbr. 1899.)

Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde. (II. Mitteilung.)

Von Stefan Meyer und Egon R. v. Schweidler.

Wir haben in unserer ersten Mitteilung[1]) die Frage offen gelassen, ob das magnetische Feld auf das Emissionsvermögen von Radium wirkt oder die Strahlen ablenkt. In Übereinstimmung mit einigen uns inzwischen brieflich mitgeteilten Resultaten der Herren Giesel, Elster und Geitel haben wir das letztere nunmehr konstatiert.

Ein in Papier gewickeltes Radiumbaryumchlorid-Präparat erscheint im Dunkeln infolge der Fluorescenz des Papieres leuchtend. Im magnetischen Felde wird die Intensität des Leuchtens nicht merklich verändert, hingegen verschwindet beim Erregen unseres Feldes die Fluorescenz auf einem einige Centimenter davor befindlichen Baryumplatincyanur-Schirm vollständig.

Befestigt man das Präparat unmittelbar auf der Rückseite des Schirmes, so sieht man im Dunkeln einen scharf begrenzten Fleck von den Dimensionen des Präparates und zwar in unserem Falle ein Rechteck, dessen Längsseiten parallel der Verbindungslinie der Magnetpole liegen. Bringt man nun den Schirm in ein magnetisches Feld [— wir erhielten ein sehr ausgedehntes, ziemlich homogenes von beträchtlicher Feldstärke bei unserem Elektromagneten nach Entfernung der Polschuhe —], so tritt beim Erregen desselben in der Umgebung eine Aufhellung ein in Form von zwei breiten verwaschenen Streifen, die von dem hell leuchtenden Rechteck durch einen dunkeln Zwischenraum getrennt sind (Fig. 1). Je stärker das

Fig. 1.

Fig. 2.

Feld, desto schmäler wird der dunkle Raum. Je nachdem die obere oder untere Seite des Präparates durch einen undurchsichtigen Körper verdeckt wird, verschwindet der vordere helle Streifen (1) oder der hintere (2). Ein Bleiklotz, der an die Unterseite des Schirmes unter (1) gelegt wird, ändert die Lichterscheinung nicht, unter (2) gebracht, wirft er einen deutlichen Schatten. Es werden also die durch die beiden Seiten des das Präparat umschliessenden Papiercouvertchens ursprünglich annähernd senkrecht

1) Diese Zeitschr. No. 9, S. 90.

nach oben und unten austretenden Strahlen im Felde umgebogen (Fig. 2), und zwar ist der Sinn der Krümmung derselbe wie der eines biegsamen Stromleiters, in dem ein negativer Strom im Sinne der Strahlen fliesst. Die Strahlen verhalten sich also ganz analog wie Kathodenstrahlen.

Bringt man das Präparat so an den Pol, dass die von der breiten Fläche desselben ausgehenden Strahlen ungefähr die Richtung der Kraftlinien haben, und bringt gegenüber am anderen Pol (bei uns in einer Distanz von 16 cm) den Schirm an, so erscheint, solange das Feld nicht erregt ist, eine schwache gleichmässige Fluorescenz des ganzen Schirmes. Wird das Feld eingeschaltet, so bildet sich das Präparat ziemlich scharf auf dem Schirme ab, und die Verbindungslinie von Objekt und Bild ist die Richtung der Kraftlinien. Umkehr der Feldrichtung alteriert die Erscheinung nicht.

Es lässt sich dies aus den Ablenkungserscheinungen erklären, indem die Strahlen, welche parallel den Kraftlinien gehen, unbeeinflusst bleiben, die, welche dieselben schneiden, zu Schraubenlinien um sie herumgewickelt werden.

Poloniumreste auf einem Filter (Präparat des Herrn Giesel) zeigten qualitativ dasselbe Verhalten.

Da bei den Kathodenstrahlen eine gewisse Beziehung zwischen Ablenkbarkeit und Durchdringungsfähigkeit zu bestehen scheint, so haben wir durch Aluminium- und Kupferblech filtrierte Radiumstrahlen auf ihre Ablenkbarkeit untersucht, aber bisher keinen Unterschied gegenüber denjenigen, die bloss durch Papier gegangen waren, gefunden.

Wien, Physik. Inst. d. Univ., Novbr. 1899.

(Eingegangen 18. Novbr. 1899.)

Über den inneren Druck in wässerigen Salzlösungen.

Von Adolf Heydweiller.

Bekanntlich sind die Eigenschaften wässeriger Salzlösungen nicht additiv aus denen der Komponenten zu berechnen; vielmehr treten Änderungen (des Volumens, der Wärmekapacität u. s. w.) auf, zwischen denen ein Zusammenhang öfter vermutet worden ist. Es soll nachstehend versucht werden, aus allgemeineren Beziehungen ihn abzuleiten und zwar auf Grund folgender Annahmen:

1. Durch die Auflösung eines Salzes in Wasser wird der innere Druck des letzteren vermehrt, sei es durch Molekularkräfte, sei es, wie die Herren Drude und Nernst vermuten,[1] durch Elektrostriktion.

2. Diese innere Druckvermehrung bedingt die Änderungen, welche die Eigenschaften der Lösungen gegenüber den additiv aus den Eigenschaften der Komponenten berechneten Werten aufweisen.

3. Die Eigenschaften des gelösten Körpers sind, der van t'Hoffschen Theorie entsprechend, die eines Gases bei dem osmotischen Drucke.

4. Die Wirkung, welche die Vermehrung des inneren Druckes im Lösungsmittel auf die Eigenschaften des gelösten Körpers ausübt, ist zu vernachlässigen.

Die letztere Annahme, welche notwendig ist, um die Berechnungen durchfuhren zu können, wird offenbar bei verdünnten Lösungen mit ausreichender Genauigkeit erfüllt sein, bei konzentrierteren aber zu Abweichungen von der Wirklichkeit führen. Sie kommt darauf hinaus, dass wesentlich nur die durch vermehrten inneren Druck geänderten Eigenschaften des Lösungsmittels, des Wassers, für die Änderungen in den Eigenschaften der Lösung in Betracht kommen.

Die Berechtigung der vorstehenden Annahmen und der durch sie gegebene Zusammenhang zwischen den verschiedenen Eigenschaftsänderungen soll in der Weise geprüft werden, dass aus den beobachteten Werten der letzteren die entsprechenden Vermehrungen des inneren Druckes in Lösungen verschiedener Konzentration berechnet und miteinander verglichen werden. Diese Berechnungen sind auf vier verschiedenen Wegen durchgeführt worden.

1. Kapillarkonstanten. Der innere Druck einer Flüssigkeit ist nach van der Waals proportional der Laplaceschen Kapillarkonstanten H und mithin auch der Oberflächenspannung; die relative Änderung der letzteren durch Auflösen von Salz in Wasser ist also gleich der entsprechenden relativen Änderung des inneren Drucks. Sind also α und α_0 die Oberflächenspannung von Lösung und reinem Wasser, K der innere Druck in letzterem, so ist die berechnete Druckvermehrung durch Auflösen

$$p_1 = K \frac{\alpha - \alpha_0}{\alpha_0}.$$

Nach van der Waals[1]) ist für Wasser etwa $K = 10000$ Atm.

2. Kompressibilität. Nach den Untersuchungen von Amagat nimmt die Kompressibilität des Wassers in erheblichem Masse mit steigendem äusseren Druck ab; ebenso sinkt die Kompressibilität von Salzlösungen mit wachsender Konzentration, nach unseren Annahmen infolge des vermehrten inneren Drucks; eine Vergleichung der Kompressibilität der Lösungen mit der des komprimierten Wassers führt daher unmittelbar zur Kenntnis der Druckvermehrung durch die Auflösung unter der sehr wahrscheinlichen Voraussetzung, dass innerer und äusserer Druck gleiche Wirkung haben.

Dabei ist zu bemerken, dass die Kompressi-

1) Drude und Nernst, Zeitschr. f. physik. Chem. 15, 79. 1894.

1) J. D. van der Waals, Die Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes. Leipzig 1881. S. 165.

bilitätskoefficienten der Lösungen $\beta = \frac{1}{v}\frac{dv}{dp}$ auf das Volum der Lösung bezogen, nach unseren Annahmen aber auf das Volum des in der Lösung enthaltenen Wassers zu beziehen sind. Die beobachteten Werte von β sind daher mit dem Korrektionsfaktor $\frac{1000}{1000 - m \cdot \varphi}$ zu versehen, wo m die Zahl der Gramm-Moleküle des gelösten Körpers im Liter Lösung und φ das wirkliche Molekularvolumen des gelösten Körpers in der Lösung ist; bei unserer Unkenntnis bezüglich des letzteren habe ich versuchsweise das aus dem spec. Gewicht im festen Zustande sich ergebende Molekularvolumen zu Grunde gelegt; ein zu grosses φ würde die hier ermittelten Werte des inneren Druckes p_2 zu klein ergeben.

3. Volumänderung beim Auflösen. Beruht dieselbe auf der Kompression des Lösungsmittels durch gesteigerten inneren Druck, so hat man für letzteren $\Delta p_3 = \frac{1}{\beta}\frac{\Delta v}{v}$, wobei man für den Kompressibilitätskoefficienten β, wie für die relative Volumänderung die auf das Volum der Lösung bezüglichen Werte einsetzen kann, da die Reduktion beider auf das in der Lösung befindliche Wasser entgegengesetzt gleiche Korrektionen ergiebt. Die Berechnung von $\frac{\Delta v}{v}$ aus dem spec. Gewicht und dem Molekülgehalt der Lösung setzt wieder die Kenntnis des Molekularvolumens φ des gelösten Körpers voraus, über das dieselbe Annahme wie unter 2 gemacht wird. Aber hier ergiebt ein zu grosses Molekularvolum auch zu grosse Werte des berechneten Druckes. Man könnte versucht sein, das Molekularvolumen φ so zu ermitteln, dass die nach 2. und 3. berechneten Druckwerte übereinstimmen. — Da β vom Drucke abhängig ist, habe ich die Druckunterschiede Δp_3 schrittweise von den verdünnteren zu den konzentrierteren Lösungen fortschreitend berechnet.

4. Änderung der Wärmekapacität. Hier führt die Beziehung der Thermodynamik $\frac{dC_p}{dp} = -\vartheta \frac{\partial^2 v}{\partial \vartheta^2}$,[1]) in der C_p die Wärmekapacität bei konstantem Druck und ϑ die absolute Temperatur bedeuten, zu einer Berechnung der Druckänderungen bei der Auflösung, die, wie die vorige, wegen der Veränderlichkeit von $\frac{\partial^2 v}{\partial \vartheta^2}$ schrittweise vorzunehmen ist. Es folgt

$$\Delta p_4 = -\frac{\Delta C_p \cdot 41{\cdot}3}{\vartheta \frac{\partial^2 v}{\partial \vartheta^2}},$$

wenn C_p in gr-Kalorien, p_4 in Atmosphären bestimmt werden und ΔC_p die Änderung der Wärmekapacität beim Auflösen bedeutet. Zur Berechnung von ΔC_p ist die Kenntnis der Wärmekapacität des gelösten Körpers in der Lösung erforderlich. Ich setze dafür unseren Voraussetzungen entsprechend die Wärmekapacität des gasförmigen Körpers bei konstantem Volumen, da der gelöste Körper bei Erwärmung der Lösung eine merkliche äussere Arbeit nicht leistet. Vernachlässigt wird dabei die Änderung der inneren Energie des gelösten Salzes, insbesondere die elektrolytische Dissociationsarbeit. Diese Berechnung giebt daher bei grösseren Konzentrationen zu kleine Werte der inneren Drucke. —

Nur für wenige Salzlösungen liegen die Beobachtungsdaten in ausreichender Vollständigkeit und Genauigkeit vor; am besten noch für NaCl- und KCl-Lösungen, für welche ich die Ergebnisse der Berechnung in nachstehender Tabelle gebe. Die Beobachtungen sind möglichst auf nahe gleiche Temperatur (18°—20°) zurückgeführt. Wo mehrere gute Bestimmungen derselben Grösse vorliegen, sind Mittelwerte genommen. Die nach 1—4 in Atmosphären berechneten Druckwerte p_1 bis p_4 sind schliesslich auf gleiche abgerundete Molekülzahlen m im Liter Lösung interpoliert worden.

Tabelle. (Drucke in Atmosphären.)

m	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
			NaCl		
0,5	118	106	108	135	52
1,0	223	261	211	207	91
1,5	328	453	309	261	124
2,0	433	620	397	305	150
3,0	689	865	566		190
4,0	931	1100	720		212
5,0	1212	1381	861		234
			KCl		
0,5		72	108	184	55
1,0	223	166	222	327	101
1,5	320	308	317	501	144
2,0	414	440	405	612	181
3,0	638	649	577	709	243
4,0	859	790	734		

Die berechneten Werte sind für gleiche Konzentrationen von derselben Grössenordnung; die erheblichen Abweichungen sind wohl auf die Unsicherheit der Berechnungen zurückführbar, die bei den verdünnteren Lösungen hauptsächlich in den Beobachtungen, bei den konzentrierteren in der Unrichtigkeit der gemachten Voraussetzungen liegt. Eine kleine Änderung des angenommenen Molekularvolumens φ für NaCl (29.5 anstatt 27.2) würde die Werte p_2 und p_3 sowohl untereinander wie mit p_1 in bessere Übereinstimmung bringen. Die am stärksten abweichenden Werte p_4 sind auch die unsichersten von allen.

Ich habe weiter versucht, die Drude-Nernstsche Annahme, dass die Druckvermehrung auf Elektrostriktion durch die Ionen beruhe, zu prü-

1) M. Planck, Thermodynamik. Leipzig 1897. S. 115.

fen, und die hiernach zu erwartenden Druckwerte p_5 in folgender Weise zu berechnen.

Ich nehme an, dass das Feld eines jeden Ion sich ungestört von benachbarten Ionen oder Molekülen ausbilden könne, was natürlich wiederum nur bei verdünnten Lösungen annähernd zutreffen kann.

Ist e die Ladung eines Ions, δ die Dielektricitätskonstante der Umgebung, so ist die Feldstärke im Abstande r

$$F = \frac{e}{\delta r^2} \text{ (elektrostatisch)},$$

und der für die Druckänderung in Betracht kommende Mittelwert des Quadrates von F

$$\overline{F^2} = \frac{1}{v}\int F^2 dv = \frac{3}{4\pi(r_1^3 - r_0^3)}\int_{r_0}^{r_1} 4\pi r^2 F^2 dr$$

$$= \frac{3e^2}{\delta^2(r_1^3 - r_0^3)}\int_{r_0}^{r_1}\frac{dr}{r^2} = \frac{3e^2}{\delta^2 r_1 r_0 (r_1^2 + r_0^2 + r_1 r_0)},$$

wenn r_0 den Radius des Ions, r_1 den halben mittleren Abstand zwischen zwei Ionen bedeuten.

Daraus folgt der durch Elektrostriktion erzeugte mittlere Druck:

$$p_5 = \frac{\delta \overline{F^2}}{8\pi} = \frac{3e^2}{8\pi\delta r_1 r_0 (r_1^2 + r_0^2 + r_1 r_0)}.$$

Der numerischen Berechnung lege ich die von Herrn O. E. Meyer[1]) für die Grösse, den Abstand und die Zahl der Gasmoleküle gegebenen Werte zu Grunde und setze entsprechend:

$$r_0 = 1.10^{-8} \text{ cm}, \quad r_1 = 13\sqrt[3]{\frac{0{,}0448}{2\,m\gamma}} \cdot 10^{-8} \text{ cm},$$

worin γ den elektrolytischen Dissociationsgrad des gelösten Salzes bedeutet, und $e = 2{,}4 \cdot 10^{-10}$ (c. g. s. elektrostat.).

Es ergeben sich dann die unter p_5 in der Tabelle verzeichneten Werte, die zwar kleiner als die übrigen, aber von derselben Grössenordnung sind. Ihr langsameres Ansteigen mit wachsender Konzentration erklärt sich aus der zunehmenden Wirkung, welche die Nachbarionen auf das Feld eines Ions ausüben, und welche hier vernachlässigt ist.

Ferner ist zu beachten, dass die Werte von r_1 und e aus dem für r_0, der höchstens der Grössenordnung nach sichergestellt ist, abgeleitet sind, und sich mit diesem derart ändern, dass für ein doppelt so grosses r_0 auch p_5 etwa den doppelten Wert erhält; eine bessere numerische Übereinstimmung desselben mit den übrigen p-Werten ist also gar nicht zu erwarten.

Ich habe auch versucht, aus den gemachten Voraussetzungen die Abweichung der elektrolytischen Dissociation der wässerigen Salzlösungen vom Massenwirkungsgesetze abzuleiten.

In der bekannten Dissociationsgleichung für binare Elektrolyte:

$$\frac{m\gamma^2}{1-\gamma} = k$$

hängt die rechte Seite bekanntlich vom Druck ab; da nun dieser nach obigem mit der Konzentration des Salzes oder der Ionen veränderlich ist, so muss k Funktion von m oder $m\cdot\gamma$ sein. Setzt man $k = \sqrt{k \cdot m\gamma}$ oder $= \sqrt{k_1 \cdot m}$, so erhält man die van t'Hoffsche[1]) oder Rudolphische[2]) Formel. Indessen scheinen die auf diese Weise zu errechnenden Wirkungen quantitativ nicht auszureichen. Die Druckvermehrungen müssten bei den kleineren Konzentrationen wenigstens zwei- bis dreimal so gross sein wie die oben berechneten.

Zu bemerken ist schliesslich, dass die vorstehenden Betrachtungen sich nicht unbeschränkt verallgemeinern lassen. Die Oberflächenspannungen verschiedener Säure-, sowie von Ammoniaklösungen sind kleiner als die des Wassers und nehmen mit steigender Konzentration ab[3]); hier müssen also andere Verhältnisse mitspielen.

Breslau, November 1899.

(Eingegangen 19. Novbr. 1899.)

1) O. E. Meyer Kinetische Theorie der Gase. 2. Aufl. Breslau 1899. S. 332 ff.

1) van t'Hoff, Zeitschr. f. physik. Chem. 18, 300, 1895.
2) Rudolphi, ebenda 17, 385, 1895.
3) Vergl. Quincke, Pogg. Ann. 160, 371, 1877; Röntgen und Schneider, Wied. Ann. 29, 202, 1886; Forch, Wied. Ann. 68, 801, 1899.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über die optischen Wirkungen eines Magnetfeldes.[1])

Von W. Voigt.

I. Teil.

Michael Faraday, dem man die erste Auffindung einer Einwirkung des Magnetismus auf eine fortgepflanzte Lichtwelle, nämlich die Entdeckung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene, verdankt, hat in seinen letzten Lebensjahren auch nach einem Einfluss des gleichen Agens auf das Verhalten einer

1) Die Entdeckung Zeemans und die weiteren sich daran knüpfenden Arbeiten haben das Interesse der physikalischen Welt in hohem Masse erregt. Ein Bericht über das neue Gebiet schien daher den Herausgebern der Zeitschrift angezeigt zu sein. Herr W. Voigt hat unserer Bitte um eine solche zusammenfassende Darstellung in freundlichster Weise entsprochen. Die Herausgeber.

Lichtquelle gesucht.[1]) Er stellte eine durch das Chlorid von Natrium, Barium, Strontium oder Lithium gefärbte Flamme zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten und untersuchte, ob ihr Spektrum bei der Erregung desselben irgend welche Änderungen erlitte. Der Erfolg dieser Versuche war ein absolut negativer.

Das Experiment ist 23 Jahre später von dem belgischen Physiker Fiévez[2]) wiederholt worden. Dieser bemerkte dabei eine „Selbstumkehr" der Natriumlinien, die er übrigens nicht der direkten Wirkung des Magnetismus zuschrieb, und die vermutlich dadurch entstanden ist, dass die Flamme im Magnetfeld plattgedrückt und in der Richtung normal zu den Kraftlinien verbreitert wird.

Abermals 11 Jahre später wandte sich ein junger holländischer Physiker, P. Zeeman, der sich zuvor mit der quantitativen Untersuchung der Wirkung einer Magnetisierung von Metallspiegeln auf das reflektierte Licht (des sog. Kerr-Phänomen) beschäftigt hatte, derselben Frage zu. In seinem Unternehmen bestärkte ihn die Nachricht von dem vergeblichen Versuche Faradays und die Erwägung der grossen Fortschritte, die seit Faradays Zeit, zumal mit Hilfe der trefflichen Rowlandschen Diffraktionsgitter, die Spektroskopie gemacht hat.

Er untersuchte das Spektrum einer Natrium- oder Lithiumflamme, die sich zwischen den Polen eines Elektromagneten befand, und bemerkte eine deutliche Verbreiterung der betr. gelben oder roten Spektrallinien bei Erregung des Magneten.[3]) Mit dem Blick des wahren Talentes erkannte er die ausserordentliche Tragweite der gemachten unscheinbaren Entdeckung und zögerte nicht, sie allseitig prüfend zu verfolgen.

Zeeman stellte im Verlaufe dieser Untersuchung zunächst fest, dass, wie das Kirchhoffsche Gesetz von der Proportionalität zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen verlangt, dem vorbeschriebenen direkten Phänomen ein inverses entspricht, dass nämlich die Linien des Absorptionsspektrums des Natriumdampfes sich genau so verhalten wie diejenigen des Emissionsspektrums; er zeigte auch durch geeignete Veränderungen der Anordnung seines Experimentes, dass das in beiden Fällen erzielte Resultat nicht von sekundären Einwirkungen herrühre, sondern wirklich einen direkten Einfluss eines Magnetfeldes auf das Emissions- und Absorptionsvermögen glühender Dämpfe beweise. Das Bandenspektrum, welches Joddampf als Absorptionsmittel bei niedriger Temperatur zeigt, wurde im Magnetfeld nicht merklich verändert; gleiches galt von dem Emissionsspektrum des glühenden Erbiumoxyds. Die Erscheinung der Verbreiterung der Spektrallinien ist also jedenfalls nur unter gewissen Umständen in merklicher Stärke vorhanden.

Nachdem soweit im wesentlichen das blosse Experiment zur Wirkung gebracht war, gelang ein weiterer überaus bedeutungsvoller Fortschritt der nunmehr rechtzeitig einsetzenden Theorie, und, wie in so manchen ähnlichen Fällen, gerade einer mit ganz speciellen Voraussetzungen arbeitenden Theorie.

Der geistvolle Leidener theoretische Physiker H. A. Lorentz hat eine Theorie der Elektrodynamik entwickelt,[1]) welche die elektrischen Ströme als fortschreitende Bewegungen elektrisch geladener überaus feiner ponderabler Teilchen („Ionen" im weiteren Sinne des Wortes) auffasst und gemäss der Grundhypothese über die elektromagnetische Natur des Lichtes in einer Lichtquelle Schwingungen solcher Teilchen annimmt. Damit diese Schwingungen möglich seien, müssen die Ionen in den Lichtquellen Centralkräften unterliegen, und es ist die denkbar einfachste Vorstellung, diese Kräfte von den ponderabeln Molekülen ausgehend anzunehmen, deren Massen gegenüber denjenigen der Ionen sehr gross, und deren Bewegungen gegenüber denjenigen der Ionen demgemäss so klein gedacht werden dürfen, dass sie überhaupt ignoriert werden können.

Hieraus folgt dann die Möglichkeit, dass die Ionen innerhalb des Systems von Molekülen stabile Gleichgewichtslagen einnehmen können, und dass, bei kleinen Ablenkungen aus denselben, Kräfte entstehen, welche sie in jene Lage zurücktreiben und welche den Ablenkungen proportional sind.

Das Problem der freien Bewegung eines Ion ist dadurch auf ein bekanntes Problem der Centralbewegung zurückgeführt; seine Lösung ergiebt eine elliptische Bahn, deren Gestalt, Grösse und Lage mit den Anfangsbedingungen wechselt, und eine Umlaufszeit, die nur von der absoluten Grösse der bei einer bestimmten Ablenkung erregten Kraft abhängig ist. Wenn alle Ionen der Lichtquelle gleichwertige Gleichgewichtslagen besitzen, d. h. bei gleichen Ablenkungen gleiche Kräfte erfahren, so schwingen sie sämtlich mit gleichen Perioden; in diesem Falle ist das ausgesandte Licht einfarbig. Um mehrfarbiges Licht zu ergeben, müssen nach der zu Grunde gelegten Vorstellung verschiedene

1) Bence Jones, Faraday's Life. II. S. 449, 1870.
2) M. Fiévez, Bull. de l'Acad. des Scienc. Belg. (3), 9, p. 381, 1885.
3) P. Zeeman, Versl. Kon. Akad. van Wet. Amst. Oktober 1896; Communications from the phys. Lab. Leiden No. 33, 1896.

1) H. A. Lorentz, Arch. Néerl. 25, S. 190, 1892; Versuch einer Theorie der elektr. u. opt. Erscheinungen, Leiden 1895.

Ionen verschiedenwertige Gleichgewichtslagen besitzen.

Wird nun ein schwingendes Ion der Wirkung eines Magnetfeldes ausgesetzt,[1]) so erleidet seine Bewegung eine Änderung. Um deren Art zunächst ohne Heranziehung der Differentialgleichungen zu übersehen, ist es am bequemsten, die Projektionen der Bewegung auf die Richtung der Kraftlinien des Feldes und auf eine dazu normale Ebene in Betracht zu ziehen. Erstere ist eine geradlinige, letztere eine elliptische Schwingung mit einer der ursprünglichen gleichen Periode.

Diese elliptische Schwingung lässt sich aber nach einem bekannten Satz in zwei entgegengesetzt gerichtete cirkulare zerlegen; die wirkliche elliptische Schwingung ist sonach äquivalent mit einer geradlinigen Schwingung parallel zu den Kraftlinien und zwei entgegengesetzt gerichteten cirkularen in einer zu den Kraftlinien normalen Ebene, die sämtlich die gleiche Periode besitzen.

Nun liefert nach den Grundvorstellungen der Lorentzschen Theorie die fortschreitende Bewegung der Ionen den elektrischen Strom; das betrachtete schwingende Ion ergiebt sonach ausser einem geradlinigen Strom von wechselnder Intensität und Richtung, zwei entgegengesetzt gerichtete Kreisströme konstanter Stärke in einer zu dem ersteren normalen Ebene.

Die Wirkung eines Magnetfeldes auf ein Stromelement wird durch das Biot-Savartsche Gesetz und die Ampèresche Regel bestimmt. Hiernach erleidet ein der magnetischen Kraft R paralleles Stromelement ids seitens des Feldes überhaupt keine Einwirkung, ein dazu normales eine Kraft von der Grösse $Rids$, die senkrecht sowohl zu dem Stromelement als zu den Kraftlinien steht und deren Richtungssinn die ausgestreckte linke Hand einer mit dem Strom schwimmenden, in der Richtung der Kraftlinien blickenden Figur angiebt.

Die geradlinige Schwingung parallel zu den Kraftlinien erleidet hiernach durch das Magnetfeld keine Änderung; die beiden cirkularen sind dagegen neuen Kräften unterworfen, die, als dem Radius parallel, sich der ursprünglichen Centralkraft additiv oder subtraktiv kombinieren. Im ersten Falle wird die Periode der Schwingung nach dem oben Gesagten verkleinert, im letzteren vergrössert.

Eine einfache geometrische Überlegung zeigt, dass ein positives Ion, das in positiver Richtung, und ebenso ein negatives, das in negativer Richtung die magnetische Kraft umkreist, eine Vergrösserung der Umlaufszeit, dagegen ein negatives Ion, das in positiver, und ein positives Ion, das in negativer Richtung die Kraft umkreist, eine Verkleinerung der Umlaufszeit erfährt.

Wir wollen uns aus später hervortretenden Gründen auf den Fall eines negativen Ion beschränken. Dann lässt sich das erhaltene Resultat dahin zusammenfassen, dass die aus den ursprünglichen durch die Wirkung des Magnetfeldes entstandenen Schwingungskomponenten nicht mehr dieselbe Periode τ besitzen, sondern dass die positiv rotierende Komponente eine kleinere (τ_1), die negativ rotierende eine grössere (τ_3) hat, als die geradlinige (τ_2), welche allein die ursprüngliche Periode τ beibehält. Die nebenstehende Figur 1 veranschaulicht dies Verhältnis.

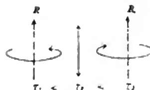


Fig. 1.

Diese Überlegung erklärt nun einerseits die von Zeeman beobachtete Verbreiterung der Linien des Emissionsspektrums, denn es finden eben neben der ursprünglichen Periode noch grössere und kleinere statt; sie signalisiert aber ausserdem ganz neue Erscheinungen, deren Aufsuchung der Beobachtung zufallt. Zunächst ergiebt sie, dass die Lichtquelle im Magnetfelde nicht etwa alle möglichen, der ursprünglichen benachbarten Schwingungsperioden annimmt, sondern neben jener nur noch eine grössere und eine kleinere; die Quelle wird also, statt des ursprünglichen einfarbigen, nun dreifarbiges Licht aussenden. Diese drei Farben entsprechen aber drei ganz bestimmten und untereinander verschiedenen Schwingungsformen, die sich im Polarisationszustande des ausgesandten Lichtes geltend machen müssen.

Betrachten wir zuerst die Strahlen, die parallel mit den Kraftlinien des Feldes fortschreiten. Wie man immer den Mechanismus der Übertragung der Bewegung der Ionen auf den Lichtäther sich vorstellen möge, soviel ist nach Symmetrie klar, dass die Schwingungen (1) und (3) parallel zu $+R$ cirkulare Schwingungen der elektrischen Kraft im Äther, d. h. also cirkularpolarisiertes Licht, von positiver und von negativer Rotationsrichtung (vom Beschauer aus beurteilt) erregen, und parallel $-R$ solches von entgegengesetzten Rotationsrichtungen aussenden müssen. Die Bewegung (2) könnte sich aus gleichem Grunde parallel mit R nur als longitudinale Schwingung fortpflanzen, und da eine solche in Lichtwellen unter den hier vorliegenden Umständen nicht auftritt, so haben wir uns vorzustellen, dass sie sich parallel mit R nicht merklich fortpflanzt.

Die gleiche Überlegung ergiebt, dass senkrecht zu R geradlinige Schwingungen elektrischer Kraft fortgepflanzt werden müssen,

1) P. Zeeman, Vers. Kon. Akad. v. Wet. Amst. November 1896, Comm. Leiden No. 33, 1896.

und zwar wird bei den von (1) und (3) herrührenden Wellen die schwingende elektrische Kraft normal, bei den von (2) bewirkten aber parallel mit R liegen.

Da nun nach den Grundvorstellungen der elektromagnetischen Lichttheorie die sogenannte Polarisationsrichtung jederzeit normal steht zu der Richtung der schwingenden elektrischen Kraft, so ergiebt sich folgendes Gesamtresultat:

Wenn die zu Grunde gelegte Vorstellung der Wirklichkeit entspricht, so muss eine ursprünglich monochromatische Flamme mit der Schwingungsperiode τ im Magnetfelde aussenden:

a) parallel zu den Kraftlinien zwei entgegengesetzt rotierende cirkularpolarisierte Wellen von den Perioden

τ_1 und τ_3 wobei $\tau_1 < \tau < \tau_3$ ist,

b) normal zu den Kraftlinien zwei parallel zu R polarisirte von den Perioden τ_1 und τ_3 und eine senkrecht zu R polarisierte von der Periode τ_2, wobei

$\tau_2 = \tau$, $\tau_1 < \tau < \tau_3$ ist.

Ist das schwingende Ion ein negatives, so muss die positiv rotierende Welle die kleinere Periode besitzen.

Sind τ_1, τ_2, τ_3 nur sehr wenig voneinander verschieden, so werden sich bei spektraler Zerlegung die drei ihnen entsprechenden Farben nicht merklich sondern, es wird nur eine Verbreiterung der ursprünglichen Spektrallinien eintreten; aber die äusseren Ränder derselben werden denjenigen Polarisationszustand zeigen müssen, der für die äusseren Farben charakteristisch ist.

Zeeman hat diese aus der Lorentzschen Theorie sich ergebenden Folgerungen durch die Beobachtung geprüft und eine vollständige Bestätigung erhalten; zugleich schloss er aus dem Sinne der Rotation an den beiden Rändern des parallel zu den Kraftlinien erhaltenen Spektralstreifens, dass negative Ionen die Schwingungsbewegungen in der Flamme ausführen müssten, damit das beobachtete Resultat einträte. Dies Ergebnis besitzt ein besonderes Interesse, weil nach den Beobachtungen die Ansicht grosse Wahrscheinlichkeit hat, dass die sogenannten Kathodenstrahlen aus äusserst kleinen, negativ elektrisierten Massenteilchen bestehen, die sich in der Strahlenrichtung mit grosser Geschwindigkeit fortbewegen.

Die vorstehende, mehr überschlägige Betrachtung des ganzen Vorganges der Lichtemission im Magnetfelde mag, um auch die quantitativen Verhältnisse klarzustellen, nunmehr noch durch die Mitteilung der Lorentzschen Formeln ergänzt werden. Bezeichnen für ein Ion x, y, z die Koordinaten relativ zur Ruhelage, m die ponderable Masse, e die elektrische Ladung, k^2 eine für die Einwirkung der ponderabeln Teile charakteristische Konstante, und ist R die Grösse der magnetischen Feldstärke, so gelten bei Benutzung eines Koordinatensystems, dessen Z-Axe zu R parallel ist, nach Lorentz die folgenden Bewegungsgleichungen:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -k^2x - eR\frac{dy}{dt},$$

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -k^2y + eR\frac{dx}{dt},\quad m\frac{d^2z}{dt^2} = -k^2z.$$

Für die Schwingungsperioden τ_1, τ_2, τ_3 der oben beschriebenen Schwingungen folgt hieraus (angenähert)

$$\tau_1 = \frac{2\pi\sqrt{m}}{k}\left(1 - \frac{eR}{2k\sqrt{m}}\right),\quad \tau_2 = \frac{2\pi\sqrt{m}}{k},$$

$$\tau_3 = \frac{2\pi\sqrt{m}}{k}\left(1 + \frac{eR}{2k\sqrt{m}}\right);$$

es ist also

$$\tau_2 - \tau_1 = \tau_3 - \tau_2 = \frac{\pi eR}{k^2} = \frac{eR}{4\pi m}\tau^2,$$

wobei $\tau = \tau_2$ die Periode bezeichnet, die verschwindender Feldstärke R entspricht. Die Grösse der „Zerlegung der Spektrallinien" wird durch

$$\tau_3 - \tau_1 = \frac{eR}{2\pi m}\tau^2$$

gemessen; sie giebt sich also nach der elementaren Lorentzschen Theorie, wenn man, wie gewöhnlich geschieht, e und m als universelle Konstanten betrachtet, mit der Feldstärke und mit τ^2, dem Quadrat der ursprünglichen Periode, proportional.

Die Beobachtung von $\tau_3 - \tau_1$, τ und R gestattet nach der letzten Formel in überaus einfacher Weise die Berechnung des theoretisch höchst interessanten Verhältnisses e/m, d. h. der elektrischen Ladung zu der ponderabeln Masse des Ions.[1]) —

Bei den ersten Zeemanschen Versuchen war die geringe Grösse der Unterschiede zwischen den drei Perioden τ_1, τ_2, τ_3 der Beobachtung sehr hinderlich; eine wirklich endgültige Prüfung der Resultate der Theorie war offenbar erst dann geliefert, wenn es gelang, die zwei resp. drei Wellen verschiedener Farbe und verschiedenen Polarisationszustandes spektral vollständig zu trennen.

König[2]) suchte dem Phänomen eine grössere Deutlichkeit dadurch zu geben, dass er mittels eines geeignet angebrachten doppeltbrechenden Prismas zwei Bilder derselben Spektrallinie mit

1) Weitere theoretische Überlegungen auf Grund der Lorentzschen Theorie stellten J. Larmor (Phil. Mag. (5) 44, S. 503, 1897) und L. Hoppe (Math. Ges. Hamburg 3, S. 319, 1898) an.

2) W. König, Wied. Ann. 62, S. 240; 63, S. 268, 1897.

geradlinigen und zwar senkrecht zu einander liegenden, oder aber mit cirkularen und entgegengesetzt rotierenden Schwingungen direkt übereinander erzeugte. Bei Einwirkung des Magnetfeldes auf die Lichtquelle verschoben sich dann die beiden cirkularpolarisierten Streifen ein wenig gegeneinander, von den linearpolarisierten wurde der eine verbreitert, der andere blieb ungeändert.

Zeeman dagegen gelang es, direkt die vollständige Trennung der Komponenten durch Verstärkung des Magnetfeldes und der optischen Hilfsmittel, insbesondere aber durch Wahl einer geeigneten Lichtquelle zu erreichen.[1] Die verschiedenen Lichtquellen zeigen nicht nur an sich das Phänomen in verschiedener Stärke, sie verhalten sich auch bezüglich der sekundären störenden Einflüsse verschieden, und gerade die am leichtesten herstellbare Natriumflamme hat sich wegen der leichten Verbreiterung und Selbstumkehrung ihrer Spektrallinien durch thermische Einflüsse als weniger günstig erwiesen.

1) P. Zeeman, Phil. Mag. (5) 44, S. 55, 1897.

Das reguläre Duplet (parallel den Magnetkraftlinien) und das reguläre Triplet (normal dazu) hat Zeeman zuerst bei der blaugrünen Linie ($\tau = 4{,}80 \cdot 10^{-5}$) des Kadmium-Spektrums herstellen können. Die Komponenten zeigten wirklich die von der Theorie verlangten Polarisationszustände.

Die genannte Kadmiumlinie gestattete die Grösse der Zerlegung und somit die Differenz $\tau_3 - \tau_1$ sogar recht genau zu messen,[1] und die Benutzung der oben angegebenen Formel lieferte bei Voraussetzung absoluter elektrostatischer Einheiten für das Verhältnis e/m den Wert $1{,}6 \cdot 10^7$. Es ist bemerkenswert, dass diese Zahl von derselben Grössenordnung ist, wie die aus den Messungen über magnetische Ablenkungen von Kathodenstrahlen für jenes Verhältnis geschlossene. —

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

1) P. Zeeman, Phil. Mag. (5) 45, S. 197, 1898.

REFERATE.



Instrumentenkunde.

Besorgt von Prof. Dr. L. Ambronn.

Im Laufe des vergangenen Sommers hat sich durch Vereinigung einer Anzahl Göttinger Mechaniker und unter lebhafter Beteiligung der dabei interessierten Lehrer der Universität und des Gymnasiums ein Verein gebildet, welcher gleichzeitig als Zweigverein der grossen Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik von dieser im August in Jena anerkannt worden ist. Es werden allmonatlich Sitzungen abgehalten, in denen sowohl Vorträge aus der Praxis, als auch solche aus dem Gebiete der Physik, Chemie oder Astronomie abwechslungsweise gehalten werden sollen. Naturgemäss waren die ersten Vereinsabende mehr organisatorischen Besprechungen und Wahlen des Vorstandes u. s. w. gewidmet. Am 3. November aber hielt Herr Brunnée einen Vortrag über die Herstellung feiner Teilungen auf Glas, welche teils als Probe-Objekte oder als Mikrometer für die Zwecke der Mikroskopie dienen sollen, zum Teil aber auch als Interferenzgitter zur spektralen Zerlegung des Lichtes Benutzung finden. An die Erläuterung der bei solchen Teilungen vom Vortragenden verwendeten Maschine knüpfte derselbe interessante Bemerkungen über das Verfahren, welches er bei seinen Teilungen befolgt. Diese Arbeit muss häufig während Tag und Nacht fast ununterbrochen fortgesetzt werden, wenn ein tadelloses Gitter von besonderer Feinheit erzielt werden soll. Der Vortragende zeigte solche Gitter vor, bei denen bis zu 1000 Linien auf das Intervall eines Millimeters kommen. Durch Aufstellung einiger Mikroskope war Gelegenheit gegeben, die Gitter bei starker Vergrösserung zu betrachten. Herr Brunnée machte noch auf die Schwierigkeiten, die solchen Teilungen aus der oft nicht guten Beschaffenheit der benutzten Glasplatten entstehen, aufmerksam, und auf die Sorgfalt, mit welcher die Auswahl der zum Einreissen der äusserst feinen und zarten Linien nötigen Diamantsplitter getroffen werden muss. Eine längere Discussion schloss sich an den Vortrag, an der sich Praktiker und Gelehrte gleicherweise lebhaft beteiligten. L. A.

Tagesereignisse.

Der Grossherzog von Hessen-Darmstadt hat an seinem Geburtstage der Technischen Hochschule zu Darmstadt das Recht gewährt, den Dr. Ing. zu verleihen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 9. December 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über eine objektive Darstellung der Hysteresis-Kurven bei Eisen und Stahl.[1]

Von Knut Ångström.

1. Herr F. Braun scheint zuerst den sehr glücklichen Gedanken gehabt zu haben, die Kathodenstrahlen bei dem Studium von Wechselströmen und magnetischen Wechselfeldern zu benutzen.[2]

Fig. 1 zeigt ein Rohr, wie es von Geissler in Bonn nach den Angaben von Braun fur solche Zwecke geliefert wird. Die von der

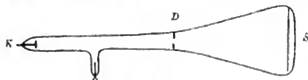


Fig. 1.

Kathode K ausgehenden Kathodenstrahlen gehen durch ein kleines Loch in dem Diaphragma D und erzeugen, wenn sie den mit phosphorescierendem Farbstoff überzogenen Schirm S am Ende des Rohres treffen, einen lebhaften Lichtfleck. Wenn zwei gegeneinander senkrechte Magnetisierungsspulen mit ihren Achsen senkrecht zur Rohrachse in der Nähe des Diaphragmas befestigt werden und jede von einem Wechselstrom gespeist wird, so erhält der Lichtfleck unter Einwirkung der zwei gegeneinander senkrecht wirkenden Kräfte eine zusammengesetzte Bewegung nach Art der Lissajouschen Kurven.

2. Indem ich einige der Versuche des Herrn Braun wiederholte, habe ich mich gefragt, ob sich nicht mit diesem Hilfsmittel die Hysteresiskurven bei Eisen und Stahl sehr gut objektiv darstellen und demonstrieren liessen, und nach einigen vorläufigen Versuchen habe ich auch eine einfache Anordnung gefunden, die in schönster Weise zum Gelingen führte.

Wenn ein Stück Eisen oder Stahl in einem magnetischen Felde, z. B. in einer langen Magnetisierungsspule, magnetisiert wird, und wir in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Feldstärke H als Abscisse, den induzierten Magnetismus I als Ordinate eintragen, so erhalten wir bekanntlich, wenn H Werte von $+H_1$ bis $-H_1$ abwechselnd durchläuft, eine Kurve, die wir Hysteresiskurve nennen, und welche dadurch entsteht, dass der induzierte Magnetismus des Eisens bei ab- und zunehmendem, sonst aber gleichem Werte von H nicht dieselbe Grösse annimmt. Diese Kurve und die von derselben eingeschlossene Fläche, die eine gewisse Menge von bei dem Magnetisierungscyklus verbrauchter Energie darstellt, lässt sich bei langsamer Veränderung der magnetisierenden Kraft in verschiedener Weise und ohne grössere Schwierigkeiten bestimmen. Viel komplizierter werden dagegen die Verhältnisse in schnell wechselnden Feldern.

Es treten, wie bekannt, hierbei Energieverluste nicht nur infolge des eigentlichen Hysteresisphänomens auf, sondern auch infolge Einwirkung der Foucaultschen Ströme, welche,

1) Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1899. No. 4. (Mitgeteilt 12. April 1899.)

2) Wied. Ann. 60, S. 552, 1897. Elektrotechn. Ztschr., 19. S. 204, 1898. Diese letzte Mitteilung ist mir nur durch ein Referat in den Beiblättern zu Wied. Ann. 22, S. 834, 1898, bekannt.

teils von dem induzierenden Strome in der Eisenmasse erweckt und teils von dem induzierten Magnetismus selbst hervorgebracht, eine Verspätung der magnetischen Einwirkung auf die tieferen Schichten der Substanz verursachen (elektromagnetische Schirmwirkung). Versuche, diese verschiedenen Faktoren voneinander zu trennen und besonders zu studieren, sind in der letzten Zeit gemacht worden, unter anderen von den Herren Ch. Maurain[1]) und M. Wien.[2]) Von den Schwierigkeiten, mit welchen solche Untersuchungen verbunden sind, kann man sich auf Grund dieser Arbeiten eine recht klare Vorstellung bilden, und es wird einleuchten, wie wertvoll eine einfache Methode wäre, welche erlauben würde, die Verhältnisse leichter zu übersehen, sich über den Gegenstand schneller zu orientieren und die auf anderem Wege gewonnenen Resultate gewissermassen zu kontrollieren.

3. Erste Anordnung:

Die erste von mir benutzte Anordnung wird durch die Fig. 2 leicht verständlich. Die vier Spulen S, S_1, M und M_1 sind um das Diaphragma herum befestigt. Die Dimensionen der Spulen sind, für S: Länge 2 cm, äusserer Durchmesser = 1,6 cm, innerer Durchmesser = 0,5 cm, Drahtstärke = 0,3 mm; für M: Länge = 20,5 cm, Windungszahl 30 per cm. Die Spulen S und S_1 sind auf Holz, M und M_1 auf Glasröhre gewickelt. Von der Stromquelle Q durchläuft der Strom nacheinander diese vier Spulen, S und S_1 (die Indikatorspulen nach Braun) in der Weise, dass die magnetische Wirkung derselben auf die Diaphragmaöffnung verstärkt wird, M und M_1 so, dass ihre Wirkung auf dieselbe aufgehoben wird. Die von S und S_1 bewirkten Ablenkungen in horizontaler Richtung sind der Stromstärke und also auch der magnetisierenden Kraft proportinal. Wird in eine der Magnetisierungsspulen ein Eisenstab eingeführt, so wird dadurch der Lichtfleck in vertikaler Richtung abgelenkt mit einer Kraft, die dem induzierten Magnetismus proportional ist, das heisst, der Lichtfleck muss unter diesen Bedingungen eine wahre Hysteresiskurve durchlaufen.

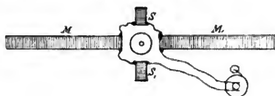


Fig. 2.

Zweite Anordnung:

Die zwei Indikatorspulen S und S_1 behalten ihre Plätze, werden nur ein wenig nach vorn und nach hinten geschoben, und die Magnetisierungsspulen M und M_1 werden parallel und in gleichen Abständen von dem Diaphragma, wie aus der Fig. 3 ersichtlich ist, aufgestellt. Die Wirkung des Stromes und des Magnetismus ist dieselbe wie bei der ersten Anordnung.

Wenn ziemlich rasch wechselnde Ströme benutzt werden, lässt sich natürlich die Bewegung des Lichtfleckes leicht mit dem Auge direkt verfolgen. Wenn man dagegen den Magnetisierungscyklus langsam durchläuft, und überhaupt wenn man die Hystersiskurven genauer messen will, ist eine photographische Aufnahme sehr vorteilhaft. Ich stelle die photographische Kamera so auf, dass die Bilder ungefähr in halber Grösse aufgenommen werden. In 10—20 Sekunden ist ein gutes Bild zu erhalten, dem nach Hervorrufung und Fixierung durch einen Projektionsapparat eine beliebige Vergrösserung gegeben werden kann. Die hier unten mitgeteilten Figuren sind direkte Zeichnungen nach den in dieser Weise hergestellten photographischen Aufnahmen.

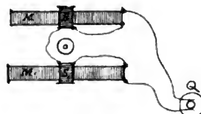


Fig. 3.

4. Als Stromquelle habe ich für den sehr langsamen Magnetisierungscyklus (die statische Hysteresiskurve) eine Accumulatorenbatterie gebraucht und durch Einführung von Flüssigkeitswiderständen und Kommutieren die Stromstärke, bez. die magnetisierende Kraft zwischen gewünschten Grenzen verändert. Wechselstrom wurde von einer kleinen Siemensschen Wechselstrommaschine (von Ducretet in Paris) für Handkraft geliefert und konnte die Wechselzahl zwischen circa 20 und 60 Wechsel per Sekunde verändert werden. Hier sollen nur einige Beispiele dieser Versuche angeführt werden. Später hoffe ich auf eine ausführlichere Behandlung und Ausmessung der Resultate zurückkommen zu können.

Fig. 4 – 6 sind Reproduktionen einiger der photographischen Bilder, die mit der zweiten Anordnung erhalten wurden. Die mit A, B, C und D bezeichneten Figuren beziehen sich auf verschiedene Eisenproben von im folgenden näher angegebener Beschaffenheit.

A. Stab, Länge 10 cm, Durchmesser 0,3 cm, Kohlegehalt 0,2 Proz., ausgeglüht, von Bofors in Schweden.

B. Stab, Länge 10 cm, Durchmesser 0,3 cm, Kohlegehalt 0,8 Proz., gehärtet, von Bofors in Schweden.

1) Ann. de Ch. et de Ph. (6), 14, S. 208, 1898.
2) Wied. Ann. 66, S. 859, 1898.

C. Bündel von ausgeglühten sehr weichen Eisendrähten, Länge 10 cm, Durchmesser jedes Drahtes 0,082 cm.

D. Ganz ähnliches Bündel, von einem Messingrohr umgeben. Äusserer Durchmesser des Rohres 0,48 cm, innerer 0,30 cm.

Fig. 4 giebt die statischen Hysteresiskurven an.

Fig. 5 die Kurven für einen Wechselstrom von circa 20 Wechsel per Sekunde.

Fig. 6 dieselben für circa 60 Wechsel per Sekunde.

Die maximale Stromstärke war bei allen diesen Versuchen möglichst konstant gehalten und betrug circa 2 Ampère.

In den erhaltenen statischen Hysteresiskurven lässt sich der Einfluss der Härte deutlich erkennen. Bei ganz weichem Eisen ist natürlich

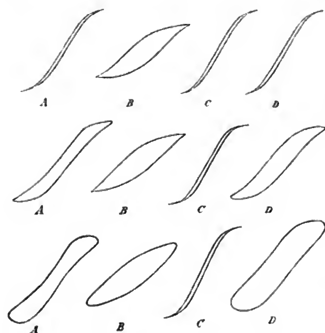


Fig. 4–6.

kein Unterschied zwischen dem massiven Stab und dem Eisenbündel zu bemerken. Bei massiven Stäben von weichem Eisen ändern sich mit zunehmender Wechselzahl die Schleifen sehr stark, unbedeutend aber bei den harten. Dass diese Veränderungen beinahe ausschliesslich den Foucaultschen Strömen zuzuschreiben sind, geht aus den Versuchen mit den Eisenbündeln mit und ohne Messingrohr hervor. Eine Veränderung der Schleife mit der Wechselzahl konnte bei dem Bündel ohne Messingrohr nicht bemerkt werden (hier sind die Foucaultschen Ströme beinahe vollständig ausgeschlossen), war aber das Bundel von dem Messingrohr umgeben, so war die Veränderung der Schleife ungefähr dieselbe wie bei einem weichen massiven Eisenstab.

Im allgemeinen stehen die erhaltenen Resultate in guter Übereinstimmung mit den Versuchen von Maurain und Wien, soweit dieselben sich mit diesen Versuchen vergleichen lassen.

Eine sehr interessante Änderung oben erwähnter Versuche erhält man, wenn man die beiden Magnetisierungsspulen M und M_1 mit Eisen versieht. Die Kurven, welche man in dieser Weise erhält, sind Differenzkurven, welche abhängig sind von der verschiedenen Permeabilität und Hysterese der Proben wie von der verschiedenen Stärke und Phasendifferenz, welche die Foucaultschen Ströme in denselben erhalten.

Fig. 7 und 8 geben einige Beispiele solcher Differenzkurven und zwar für zwei verschiedene Wechselzahlen.

Fig. 7 bezieht sich auf die beiden oben näher beschriebenen Stäbe *A* und *B*. Hier ist die Differenzkurve bei niedrigen Wechselzahlen hauptsächlich durch den Unterschied der Hysterese bedingt; bei höheren Wechselzahlen tritt



Fig. 7. Fig. 8.

aber ausserdem die Einwirkung einer ungleichen Verschiebung der Foucaultschen Ströme hinzu. Fig. 8 bezieht sich auf die Drahtbündel *C* und *D* (ohne und mit Messingrohr). Hier sind die Hysteresisverhältnisse dieselben, und die Differenzkurve ist ausschliesslich den Foucaultschen Strömen zuzuschreiben.

Diese letzterwähnte Anordnung giebt uns eine einfache, praktische Methode, verschiedene Eisenproben in Bezug auf ihre magnetischen Eigenschaften, und folglich auch in Bezug auf ihren Kohlegehalt,[1]) miteinander zu vergleichen. Wenn in die beiden Magnetisierungsspulen zwei ganz ähnliche Stäbe von Eisen derselben Beschaffenheit hineingeschoben werden, so heben sich ihre Wirkungen gegenseitig auf und der Lichtfleck wird geradlinig und horizontal schwingen, als wenn kein Eisen in den Spulen wäre. Sind die Stäbe aber von verschiedener Beschaffenheit, so erhalten wir eine mehr oder weniger ausgeprägte Differenzkurve. Wenn wir also Eisenproben von genau bekannter Be-

1) Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass das Eisen im übrigen dieselbe chemische und physikalische Beschaffenheit hat.

schaffenheit haben, können wir unmittelbar die Beschaffenheit eines unbekannten Eisenmaterials von denselben Grössenverhältnissen ermitteln, indem wir dasselbe einfach mit den Probestückchen vergleichen. Der Nutzen der Anwendung dieser Methode in der Elektrotechnik, besonders bei dem Dynamomaschinenbau, wo die Hysterese des Eisens eine so grosse Bedeutung hat, ist unmittelbar einleuchtend.

(Eingegangen 17. Novbr. 1899.)

Einige elastische Eigenschaften von gekühltem und ungekühltem Jenenser Glas 16^{III}.

Von W. Ludwig.

Auf Veranlassung von Herrn Professor Heydweiller habe ich die elastischen Eigenschaften einiger Stäbe aus gekühltem und ungekühltem Glase 16^{III} von Schott und Genossen in Jena geprüft, deren Zusammensetzung[1]) folgendermassen angegeben wird:

14.5	Na_2O
2.0	B_2O_3
2.5	$Al\,O$
7.0	$Ca\,O$
7.0	$Zn\,O$
0.2	Mn_2O_3
66.8	$Si\,O_2$
100.0	

Ihr Querschnitt war annähernd kreisrund und längs eines jeden Stabes ziemlich gleichmässig; ihr mittlerer Durchmesser $2r$ wurde bestimmt, indem längs des ganzen Stabes in zwei aufeinander senkrechten Richtungen die Dicke in mässigen Abständen gemessen, aus den gefundenen Werten die beiden Mittelwerte $2a$ und $2b$ berechnet und von diesen wiederum das Mittel genommen wurde; die beiden Extremwerte von r waren 4.69 mm und 5.40 mm. Zur Kontrolle dieser Methode wurde bei einem Stabe, bei dem sie $r = 5.04$ mm ergab, das Volumen durch Wägung in der Luft und im Wasser bestimmt und aus ihm r unter Annahme genau kreiscylindrischer Gestalt berechnet; es fand sich $r = 5.046$ mm. Ferner enthielten die Stäbe annähernd centrische und kreiscylindrische Bohrungen, deren Durchmesser den Wert $2\rho = 0.4$ mm nicht überschritten.

Die Elasticitätsmoduln E dieser Stäbe wurden nach der Königschen Methode[2]) bei schnell wechselnder Belastung und Entlastung bestimmt; dass dabei die Deformation der Belastung sogar bis nahe an die Grenze der Bruchfestigkeit proportional war, möge das folgende Beispiel (Stab No. 5) zeigen:

Belastung: 0.2 kg +	Ausschlag an der Skala:	Verhältnis:
0.0 kg	0.0 mm	—
0.5	13.6	27.2
0.0	0.0	—
1.0	26.9	26.9
0.0	0.0	—
1.5	40.3	26.8
0.0	0.1	—
2.0	54.1	27.0
0.0	0.0	—

Der Stab (No. 5) brach, als während einiger Zeit die Belastung schnell zwischen 2.25 kg und 2.5 kg wechselte.

Innerhalb des Gültigkeitsbereiches dieser Proportionalität wurde der Elasticitätskoefficient aus den Mittelwerten der Belastungen P kg und der entsprechenden Ausschläge n mm berechnet nach der Formel der Herren Winkelmann und Schott[1])

$$E = \frac{l^2 P [A(1 + tg^2\alpha) + \frac{1}{2} d - n \cdot tg\,\alpha]}{4 n T} \quad {}^{2)},$$

in welcher l den Abstand zwischen den beiden Schneiden, auf denen der Stab liegt, A die Entfernung zwischen der Skala und dem von dieser entfernteren Spiegel, d den Abstand der beiden Spiegel, α den Winkel, welchen die beiden zu dem von der Skala entfernteren Spiegel gehörigen Lichtstrahlen einschliessen, und T das auf eine zur Achse des Stabes senkrechte Horizontale bezogene Trägheitsmoment des Stabquerschnittes bedeutet. Es war bei meinen Versuchen $l = 527$ mm und im Durchschnitt $A = 986$ mm, $d = 657$ mm, $tg\,\alpha = 0.104$. Was T anbetrifft, so wurde anfangs der Querschnitt der Stäbe als Ring zwischen zwei konzentrischen Kreisen mit den Radien r und ρ betrachtet und demgemäss

$$T = \tfrac{1}{4}(r^4 - \rho^4)\pi$$

oder vielmehr, da $\frac{\rho^4}{r^4} < 3.3 \cdot 10^{-6}$,

$$T = T_k = \tfrac{1}{4} r^4 \pi$$

1) Dieselbe ist fast genau diejenige des Glases No. 38 in den Arbeiten der Herren Winkelmann und Schott, Wied. Ann. 51, S. 697, 1894 und 61, S. 105, 1897.

2) A. König, Wied. Ann. 28, S. 108, 1886.

1) A. Winkelmann und O. Schott, Wied. Ann. 51, S. 704, 1894.

2) Dabei konnte der Einfluss der zwischen 12° und 20°C. wechselnden Zimmertemperatur vernachlässigt werden, da er nach den Untersuchungen von Herrn Winkelmann (Wied. Ann. 61, S. 105, 1897) innerhalb der Fehlergrenzen meiner Versuche lag.

gesetzt; da sich jedoch später zeigte, dass der Querschnitt besser als eine Ellipse mit der vertikalen Halbachse a und der horizontalen b anzusehen und folglich

$$T = T_e = \frac{1}{4} a^3 b \pi$$

zu setzen war, so wurden, soweit es noch möglich war (bei den Stäben No. 3, 4, 5, 7), die entsprechenden Umrechnungen ausgeführt; bei den übrigen Stäben — bis auf No. 2 — konnten wenigstens die Grenzen der durch diese neue Annahme bedingten Veränderungen ermittelt werden.

Die Stäbe brachen bei später zu erwähnenden Versuchen unter einer Belastung von Q kg, so dass der Koefficient der absoluten Festigkeit

$$f = \frac{Qlr}{T_k}, \text{ resp. } f = \frac{Qla}{T_e}$$

berechnet werden konnte; allerdings nur annähernd, da die Bruchfähigkeit des Glases von oft unkontrollierbaren äusseren Einwirkungen abhängt.[1])

Die gefundenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Gekühlte Stäbe:

Nr.	r	Q	E	f
3	4.91 mm	3.2 kg	7160	18.3
4	4.69	2.75	7344	18.0
2	5.40	3.2	7270 + ?	13.6 ?
6	5.06	2.5	7382 + 1.4 %	12.9 + 0.8 %
5	5.04	2.25	7170	12.1
		Mittel	7265	15.0

Ungekühlte Stäbe:

Nr.	r	Q	E	f
7[2])	4.92	(7.2)	7035	(41.2)
8	5.19	7.2	7021 + 3 %	34.5 + 1.7 %
9	5.23	7.0	6741 + 1.5 %	32.8 + 0.8 %
		Mittel	6932	36.2

Daraus folgt:

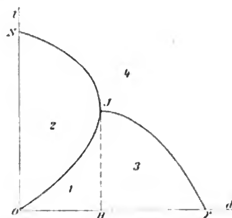
1. Die Werte von E zeigen bei den gleichbehandelten Stäben gleicher Art erhebliche Unterschiede und lassen keine Abhängigkeit von r erkennen. Aber trotz des geringen Unterschiedes zwischen den beiden Zahlenreihen sieht man, dass E bei den ungekühlten Stäben kleiner ist als bei den gekühlten, was schon die Herren Quincke und Winkelmann[3]) beobachteten.

2. Q und f sind bei den ungekühlten Stäben bedeutend grösser als bei den gekühlten, während Herr Heydweiller[1]) das gekühlte Glas widerstandsfähiger gegen inneren Druck in der Kapillare fand als das ungekühlte.

3. Im allgemeinen scheint sonach einer kleineren Bruchfestigkeit ein grösserer Elasticitätskoefficient zu entsprechen; doch sind die Unterschiede der letzteren weit kleiner und nicht sicher genug festgestellt.

Mit denselben Stäben wurden Versuchsreihen angestellt im Anschluss an die Duhemsche Elasticitätstheorie[2]) und zwar an das folgende Resultat derselben:

Ist l die lineare Dilatation eines aufgehängten Drahtes und d die Spannung pro Einheit des ursprünglichen Querschnittes desselben, so lassen sich die Zustände des Drahtes durch die Punkte einer Ebene darstellen, in welcher l und d als



rechtwinklige Koordinaten genommen sind. Der dabei in Betracht kommende Teil der Ebene, in welchem l und d beide positiv sind, wird dann durch zwei Kurven, OJN und $J\gamma$ in der Figur, sowie durch eine Strecke HJ in vier Teile 1, 2, 3, 4 zerlegt; OJN nennt Herr Duhem die natürliche Zustandslinie, weil, wie sogleich gezeigt werden wird, die Punkte von OJ dem stabilen Gleichgewichtszustande entsprechen. Wenn nämlich d fortgesetzt zwischen zwei voneinander wenig verschiedenen Werten schwankt, so beschreibt der den Zustand des Drahtes darstellende Punkt X eine Zickzacklinie und bewegt sich dabei, wenn er sich in 1 oder in 2 befindet, auf einen Punkt von OJ zu, um den er schliesslich einen Kreisprozess beschreibt; diese Erscheinung ist realisiert in der elastischen Nachwirkung nach geschehener Belastung (Raum 1) und nach auf eine längere Belastung folgender Entlastung (Raum 2). Liegt dagegen X in 3, so bewegt er sich auf $J\gamma$ zu

1) Vgl. A. Winkelmann und O. Schott, Wied. Ann. 51, S. 710, 1894.

2) Von No. 7 ist Q unbekannt; jedenfalls trug der Stab noch 7.2 kg.

3) G. Quincke, Wied. Ann. 19, S. 548, 1883 und A. Winkelmann und O. Schott, Wied. Ann. 51, S. 710, 1894.

1) A. Heydweiller, Wied. Ann. 64, S. 725, 1898.

2) P. Duhem, Zeitschrift für physikalische Chemie, XXVIII. Band, S. 612, 1899.

mit immer kleiner werdender Geschwindigkeit, um dann, sobald $\mathfrak{J}\gamma$ erreicht ist, seinen Weg in 4 mit stark wachsender Geschwindigkeit bis zum erfolgenden Bruch fortzusetzen.

Dies gilt nach Herrn Duhem für alle elastischen Einwirkungen, bei denen der Zustand durch eine Variable bestimmt ist. Dies dürfte bei den gekühlten Glasstäben der Fall sein, da ihr fast ebener und senkrecht zur Achse erfolgender Bruch ihre Homogenität beweist, während die ungekühlten Stäbe beim Bruch Schalenbildung zeigten. Die schon oben untersuchten Glasstäbe wurden also in demselben Apparat mit einem Gewicht belastet, das ihrer vermutlichen Festigkeitsgrenze nahe war, und möglichst schnell wurde fortgesetzt ein kleines Gewicht hinzugefügt und fortgenommen. Jedoch erschwerte die Ablesungen an der Skala sehr der Umstand, dass so hoch belastete Stäbe infolge der durch vorüberfahrende Wagen u. s. w. erzeugten Erschütterungen, die bei den hiesigen zur Zeit noch so ungünstigen Institutsverhältnissen nicht vermieden werden können, sehr leicht und sehr heftig in Schwingungen geraten. Durch diese Schwingungen aber ergab sich ein sehr schnelles Schwanken der Belastung, welches an sich schon den Gleichgewichtszustand, resp. den Bruch herbeiführte. In der That erfolgte auch meist der Bruch unabhängig von den absichtlich erzeugten Belastungsschwankungen; das Gewicht Q, das ihn verursachte und das oben zur Berechnung von f benutzt wurde, ist nach dieser Theorie mindestens so gross wie das der grössten Abscisse OH der natürlichen Zustandslinie entsprechende und die wahre Festigkeitsgrenze darstellende.

Einige Versuchsreihen übrigens zeigten den Unterschied zwischen den Räumen 1 und 3 ziemlich deutlich, wie z. B. die beiden folgenden, dem Stab No. 3 angehörigen:

(Raum 1:)		(Raum 3:)	
Belastung	Ausschlag	Belastung	Ausschlag
2.2 kg	0.0 mm	3.2 kg	00 mm
2.7	12.8	3.7	13.2
2.2	0.0	3.2	0.0
2.7	12.9	3.7	13.4
2.2	0.0	3.2	0.5
2.7	12.9	3.7	13.5
2.2	0.0	3.2	0.6
2.7	12.9	3.7	13.5
		3.2	0.8
		3.7	13.6

Sofort nach der letzten Ablesung erfolgte der Bruch.

Hieraus ergeben sich ziemlich enge Grenzen für die der Abscisse OH entsprechende Bruchfestigkeit. Auf ähnliche Weise sind die meisten der in obiger Tabelle enthaltenen Werte gewonnen worden.

Breslau, physik. Institut, Oktober 1899.

(Eingegangen 19. Novbr. 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Kasan (Direktor D. A. Goldhammer).

1. M. S. Segel, Über die Anwendung der Interferenzstreifen zur Untersuchung der elastischen Biegung weicher Körper.[1])

Die Elasticität weicher Körper ist bis jetzt nur auf akustischem Wege untersucht worden; wir wissen beinahe nichts weder von der Weite des Bereichs der elastischen Vollkommenheit dieser Körper noch vom Charakter ihrer elastischen Deformationen; meine Beobachtungen, zu welchen ich die Methode der Interferenzstreifen benutzte, werfen einiges Licht auf die elastischen Verhältnisse dieser Körperklasse.

Es wurde die Biegung weicher (Wachs, Paraffin) rechtwinkliger Parallelepipeda (Dimensionen circa $1 \times 4 \times 15$ cm) beobachtet, die zwischen kurzen dicken Messingsäulen eingelötet und in der Mitte belastet wurden; die horizontale dünne Luftplatte, die zur Hervorbringung von Interferenzstreifen diente, hatte zu Grenzflächen: 1) von unten — die obere Fläche eines runden dünnen Spiegelglases, das mit einem Stückchen Wachs im Centrum der oberen Fläche der weichen Platte angekittet ist; 2) von oben — die untere Fläche eines Spiegelglases, das mittels Mikrometerschrauben in verschiedener Höhe und Richtung über der weichen Platte orientiert sein konnte. Die Luftplatte wurde mit Natriumlicht beleuchtet und die Interferenzstreifen im reflektierten Licht mittels eines Fernrohres beobachtet; ein kleiner auf das obere Spiegelglas gelegte Quecksilbertropfen diente als Marke bei der Zählung vorbeigehender Streifen. Die beobachteten Durchbiegungen hatten die Grösse von einigen Mikron. Eine hydraulische Vorrichtung (zwei geräumige, oben offene Wasser enthaltende Gefässe sind syphonartig mittels eines Kautschukschlauches verbunden; auf dem Wasser des einen Gefässes schwimmt ein drittes Gefäss, dessen Boden als Träger der anzubringenden Gewichte gebraucht wird) lässt die Belastung sicher, ruhig, ohne Stösse verändern; es kann die Zeit, während welcher die Belastung von Null bis zu ihrer vollen Grösse heranwächst, in ziemlich weiten Grenzen (von 0.1 bis 45 Sekunden) variiert werden. Mittels einer einfachen elektrischen Vorrichtung wird der Moment genau be-

1) Die ausführliche Beschreibung der Versuche ist soeben in russischer Sprache erschienen.

stimmt, in dem die Belastung ihren vollen Wert eben erreicht.

Es mögen einige von den Resultaten folgen: 1. Die elastische Nachwirkung ist bei den weichen Körpern sehr ausgeprägt; 2. die Durchbiegung der weichen Platte ist als Summe einer federnden (momentanen) und einer sich infolge der elastischen Nachwirkung allmählich formierenden Deformation anzusehen; 3. die Beobachtung der federnden Durchbiegung führt bei weichen Körpern zur Bestimmung des Youngschen Moduls mit derselben Genauigkeit, wie es z. B. für Gold und Blei bei den statischen Bestimmungen (Werthein) geschieht; 4. für Wachs (11° C.) hat der maximale Zug, der noch kein Fliessen der Substanz hervorruft, die ungefähre Grösse 0.002 kg/mm²; bei Paraffin sind die Verhältnisse nahe dieselben.

Für den Youngschen Modul (kg/mm²) ererhielt ich bei verschiedenen Temperaturen folgende Zahlen:

1) Paraffin:

E	t	E	t
223.4	5.7	164.1	16.0
216.7	6.9	158.8	16.4
210.4	7.4	151.6	17.9
192.0	11.0	140.0	20.2
182.2	12.4	127.4	23.0
177.0	13.1	—	—

Jedes E ist als Mittel aus ziemlich vielen (von 30 bis 60) Ablesungen der federnden Biegungen berechnet. Die maximalen Abweichungen vom angeführten Mittelwerte übersteigen für verschiedene Belastungen bei derselben Temperatur nur selten 2 Proz.; grösstenteils sind diese Abweichungen nahe an 1 Proz. Die beobachteten Durchbiegungen variierten von 0.6 μ bis 2.7 μ.

2) Wachs:

$E = 59.1$ ($t = 11.5$) 51.7 ($t = 14.8$), 46.6 ($t = 19.4$). Nach akustischer Methode wurde für dasselbe Wachs $E = 65.8$ ($t = 15.1$) erhalten.

(Eingegangen 27. Novbr. 1899.)

Widerstandsmessungen an Spiralen aus Wismut und Antimon.

Von R. Wachsmuth und C. Bamberger.

1. Herr Lenard hat in seinen Untersuchungen über den Leitungswiderstand von Wismutdraht im Magnetfelde (Wied. Ann. 39, 619, 1890) eine Anweisung gegeben, wie feiner Wismutdraht durch eine Presse hergestellt werden kann. Zu demselben Ziele kann man bei vielen Metallen auf einem leichteren Wege gelangen: In einer hakenförmig gebogenen, je nach Wahl des Metalles leicht oder schwer schmelzbaren Glasröhre lassen sich Wismut, Antimon, Blei, Zinn und andere Metalle vor dem Gebläse zum Schmelzen bringen und dann samt der Röhre ausziehen. Nur muss man beim Schmelzen den Einschluss von Luftblasen zwischen Glas und Metall sorgfältig vermeiden, da sonst Unterbrechungen des Fadens entstehen. Über einer kleinen Spirituslampe lassen sich solche Fäden mit Hilfe einer Pincette nach einiger Übung unschwer zu bifilaren Spiralen zusammendrehen. Die dünne Glashülle dient zugleich als Isolation. Als Stromzuführungen benutzt man kleine Quecksilbergefässe.

Von den mit solchen Spiralen im Magnetfelde vorgenommenen Messungen sei hier angeführt, dass die Differenz zwischen Wechselstrom- und Gleichstromwiderstand bei Antimon auch für hohe Magnetfelder negative Werte behält. Die Differenz im Felde Null beträgt 6.75 pro Mille, sie erreicht anscheinend bei etwa 8000 C. G. S. ein Minimum mit 5.79 pro Mille (bei 8250) und wächst dann stark, so dass sie bei 14500 C. G. S. bereits 1.5 Proz. beträgt.

2. Schon Herr Lenard hatte Versuche darüber angestellt, ob der Widerstand einer Wismutspirale sich mit der Periode des Wechselstromes ändere, konnte jedoch keinen Unterschied finden und suchte den Grund in den Eigenschwingungen der benutzten Induktorien. Neuerdings hat Herr Wolff (Würzburger Inaug.-Diss. 1897) mit Hilfe des optischen Telephons eine Differenz nachgewiesen. Auch ein Hörtelephon musste dasselbe leisten, wenn man statt des Induktoriums eine kleine Wechselstrommaschine benutzt, deren Stromstärke man ja durch einen entsprechenden Flüssigkeitswiderstand herunterdrücken kann. In der That zeigte eine Hartmann & Braunsche Spirale ausserhalb des Magnetfeldes eine deutliche Differenz zwischen Wechselstrom (w) und konstantem Strom (c):

Wechselzahl pr. Sek.	Widerstand	$w - c$
0	1	
29	0.99501	— 0.00499
49	0.99563	— 0.00437
72	0.99701	— 0.00299
88	0.99805	— 0.00195
110	0.99908	— 0.00092

d. h. der Widerstand des Wechselstromes wächst mit der Tourenzahl und nähert sich immer mehr dem des konstanten Stromes. Ein Vergleich dieses Widerstandes mit dem für einen Induktoriumsstrom gefundenen gestattet umgekehrt einen Rückschluss auf die Unterbrechungszahl des Induktoriums und eventuelle Eigenschwingungen. Der gefundene Widerstand von 0.99511 zeigt, dass das Induktorium etwa dreissigmal

in der Sekunde unterbrochen wurde und eine Wirkung von Eigenschwingungen offenbar nicht auftrat.

Im Magnetfelde (bis zu 16000 C. G. S.) hörte dagegen die Abhängigkeit des Widerstandes von der Frequenz des Wechselstromes vollständig auf, nur musste man sorglich jede Erwärmung vermeiden.

Es wäre interessant gewesen, diese Versuche auf die schnellen Wechsel von Entladungen Leidener Flaschen auszudehnen, indessen entbehrten leider alle angewandten Methoden der nötigen Genauigkeit. Es lässt sich zwar z. B. die übliche elektrometrische Bestimmung eines scheinbaren Widerstandes dahin abändern, dass man die zwei Zuleitungen mit der vollen Potentialdifferenz statt zu den Quadranten zu einem Funkenmikrometer führt, die Verbindung von der Mitte zwischen unbekanntem und Vergleichswiderstand mit angenähert halber Potentialdifferenz statt zur Nadel zu einer dritten Kugel, die man in der Mitte zwischen den Mikrometerkugeln anbringt. Dann springen je nach dem Potentialunterschied bald von links, bald von rechts Funken zur Mitte. Doch lässt sich eine neutrale Einstellung nur mit 10 Proz. Genauigkeit erreichen. — Am empfindlichsten war noch eine Brückenkombination, bei der statt des Telephons ein Paalzow-Rubenssches Bolometer benutzt wurde, aber auch diese wies nur 5 Proz. Genauigkeit auf.

(Eingegangen 28. Novbr. 1899.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über die optischen Wirkungen eines Magnetfeldes.

Von W. Voigt.

(Fortsetzung.)

II. Teil.

Noch ehe die theoretischen Schlüsse von Lorentz und die sie bestätigenden Beobachtungen von Zeeman jenseits des Oceans bekannt geworden waren, hatte Michelson[1]) in Chicago einen Teil der von ihnen gelieferten Resultate auf einem ganz anderen Wege gleichfalls erhalten. Das von Michelson im Jahre 1892 konstruierte Interferometer benutzt den Verlauf der Interferenzerscheinungen, welche zwei Wellen von nahezu einfarbigem Licht bei sehr hohen Gangunterschieden liefern, zur Analyse des betreffenden Lichtes und übertrifft an zerlegender Kraft selbst die vortrefflichen Rowlandschen Gitter.

Der Grundgedanke dieser höchst geistreichen Methode[2]) ist kurz gesagt der folgende. Zwei kohärente Wellen streng einfarbigen Lichtes müssen bekanntlich bei jedem Gangunterschied in gleicher Weise interferieren. Zwei kohärente Wellen, die nur je zwei sehr benachbarte Farben in gleicher Intensität enthalten, geben dagegen mit dem Gangunterschied wechselnde Interferenzen, z. B. sehr deutliche Erscheinungen, wenn die Maxima und Minima für beide Farben zusammenfallen, dagegen unmerkliche, wenn die Maxima für die eine Farbe mit den Minimis für die andere koincidieren. Es ist bekannt, dass die gewöhnlichen Natriumflammen im Newtonschen Interferenzapparate bei immer wachsender Entfernung von Platte und Linse periodische Wechsel der Deutlichkeit der Interferenzringe zeigen, wie dieselben der (übrigens nur angenäherten) Zweifarbigkeit ihres Lichtes entsprechen.

Zwei kohärente Wellen, die mehrere benachbarte Farben in gleichen, aber beliebigen Verhältnissen enthalten, werden unter analogen Umständen für ihre Interferenzen ein anderes Gesetz des Wechsels der Deutlichkeit ergeben, und man kann — was den Kernpunkt der Michelsonschen Methode ausmacht — aus der Beobachtung dieses Gesetzes bis zu einem gewissen Grade rückwärts auf die Zusammensetzung des sehr nahezu einfarbigen Lichtes schliessen.

Auf eine nähere Darlegung der Theorie dieser Methode muss hier natürlich verzichtet werden.

Mit Hilfe dieses seines Interferometers gelang nun Michelson nicht nur der Nachweis der Zerlegung der Spektrallinien von Natrium und Kadmium in Duplets, er vermochte auch festzustellen, dass die Abstände der Komponenten bei Veränderungen der magnetischen Feldstärke dieser sehr nahe proportional variieren, wie dies die Lorentzsche Theorie verlangt. Nebenbei fand er in einigen Fällen eine die wachsende Trennung begleitende Verbreiterung jeder einzelnen Komponente.

Der Nachweis des Triplets glückte dagegen Michelson nicht: er erhielt normal zu den Kraftlinien des Magnetfeldes im wesentlichen dasselbe Duplet, wie parallel dazu; Zeeman[1]) hat später diesen Umstand dadurch erklärt,

1) A. A. Michelson, Phil. Mag (5), 44, S. 109, 1897.
2) A. A. Michelson, Phil. Mag. (5) 31, S. 338, 1891; 32, S. 280, 1892.

1) P. Zeeman, Phil. Mag. (5), 44, S. 255, 1897.

dass die mittlere Komponente des Triplets durch die polarisierende Wirkung der Teile des Interferometers (in dem das untersuchte Licht wiederholte Reflexionen unter einem Einfallswinkel von 45° erleidet) unmerklich geworden war.

Nach Zeeman hat, wie es scheint, zunächst Cornu[1]) die Duplets und Triplets direkt wahrgenommen und dabei eine Methode benutzt, die der oben citirten, von König angegebenen, nahe verwandt ist, um mit Hilfe eines doppeltbrechenden Prismas und eines Viertelwellenlängen-Glimmers die Erscheinung deutlicher zu machen.

Cornu hat sich auch um das Verständnis der fraglichen Erscheinungen bemüht, indem er sie ohne die Hilfsmittel der Lorentzschen Ionentheorie aufzufassen versuchte und sie zugleich in Gegensatz zu der Faradayschen magnetischen Drehung der Polarisationsebene stellte. Er formuliert den Unterschied dahin, dass bei dem Zeeman-Effekt die Perioden der cirkularen Schwingungskomponenten, bei dem Faraday-Effekt ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeiten geändert werden.

Cornu[2]) sowohl als Broca[3]) haben durch besondere Beobachtungen nachgewiesen, dass, wenigstens in Flüssigkeiten, diese letztere Wirkung die einzige ist, und dass eine einfarbige Welle, die eine magnetisch-aktive Substanz parallel den Kraftlinien durchsetzt, eine dauernde Änderung der Periode nicht erleidet.

Im Gegensatz hierzu hat zuerst Becquerel[4]) einen Zusammenhang zwischen den von Cornu einander gegenübergestellten Erscheinungen hervorgehoben.

Becquerel geht von der Vorstellung aus, dass in einem Magnetfelde der Äther eine Wirbelbewegung mit räumlich und zeitlich konstanter Geschwindigkeit um die Kraftlinien als Axe ausführt, und macht die Hypothese, dass bei dem Zeeman- wie bei dem Faraday-Effekt diese Rotation sich derjenigen der cirkularen Komponenten superponiert; bei dem Faraday-Effekt soll dann die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der beiden cirkularen Komponenten — deren physische Entstehung aus linearem Licht gleichfalls nur angenommen wird — gemäss deren geänderter Periode und dem für die Substanz ausserhalb des Magnetfeldes charakteristischen Dispersionsgesetz geändert werden. Die Änderung der Periode soll zwar beim Faraday-, nicht aber beim Zeeman-Effekt beim Austritt der Wellen aus dem Felde rückgängig gemacht werden und sich im ersteren Falle deshalb der Wahrnehmung entziehen. Becquerel findet, dass zur quantitativen Darstellung sowohl des Zeeman- als des Faraday-Effektes nahezu die gleiche Rotationsgeschwindigkeit des Äthers nötig ist.

Eine eingehende Kritik dieser an Hypothesen reichen Theorie verbietet der Raum; es genüge deshalb die Bemerkung, dass sie zu mancherlei Bedenken Veranlassung giebt.

Immerhin bezeichnet die Tendenz der Arbeit, das Zeeman-Phänomen mit anderen magnetooptischen Wirkungen quantitativ zu verknüpfen, eine neue Stufe der Entwickelung. —

Es sind nunmehr einige neue Erscheinungen zu erwähnen, die mit dem Zeeman-Effekt in einem gewissen Zusammenhang stehen und deren Entdeckung durch die Auffindung jenes veranlasst worden ist.

Egoroff und Georgiewsky[1]) bemerkten bei Wiederholung des Zeemanschen Experimentes, dass mit Dämpfen von Natrium, Lithium, Kalium gefärbte Flammen, die sich im Magnetfelde befinden, senkrecht zur Richtung der Kraftlinien Wellen aussenden, die nicht natürliches Licht enthalten, sondern teilweise (und zwar in der Richtung der Kraftlinien) polarisiert sind.

Der linear polarisierte Anteil wächst mit der Feldstärke und zwar schneller als diese. In Richtungen, die gegen die Kraftlinien geneigt sind, zeigt das ausgesandte Licht zwei Anteile elliptisch polarisierten Lichtes von gekreuzten Bahnellipsen.

Die leicht umkehrbaren Spektrallinien von Induktionsfunken, die zwischen Elektroden von verschiedenen Metallen überspringen, enthalten gleichfalls Anteile an polarisiertem Licht. Keine derartigen Beimengungen ergeben die Spektrallinien von Wasserstoff und Helium.

Diese Resultate gestatten eine Folgerung, die durch direkte Beobachtungen bestätigt wird. Die oben skizzierte Theorie von Lorentz verlangt, dass in der Richtung normal zu den magnetischen Kraftlinien die äusseren Komponenten des Zeemanschen Triplets zusammen dieselbe Intensität besitzen, als die mittlere für sich. Denn die Zerlegung der ursprünglichen Schwingungen der Ionen parallel und normal zu den Kraftlinien muss im Mittel die Intensität der letzteren Komponente doppelt so stark ergeben, als die ersteren; die Komponente normal zu den Kraftlinien aber liefert die beiden cirkularen Schwingungen, von denen je nur die halbe Intensität sich normal zu den Kraftlinien fortpflanzt. Dieses Verhältnis kann nach den beschriebenen Beobachtungen in Wirklichkeit nicht streng bestehen, sondern es muss die Gesamtintensität der beiden äusseren Komponenten der Triplets mehr oder weniger die der

1) A. Cornu, Compt. Rend. 125, S. 555, 1897.
2) A. Cornu, l. c. S. 560.
3) A. Broca, l. c. S. 696.
4) H. Becquerel, Compt. Rend. 125 S. 679 1897.

1) N. Egoroff und Georgiewsky, Compt. Rend. 124, S. 748 und 949, 1897.

inneren Komponente übertreffen. In der That entspricht dies der Beobachtung. Da verschiedene Triplets desselben Spektrums sich bezüglich dieses Intensitätsverhältnisses ganz verschieden verhalten, so lässt sich der Vorgang kaum durch die Absorption der von jedem Teilchen der Flamme ausgehenden Wellen durch die Flamme selbst erklären, wie dies Lorentz[1]) und Cotton[2]) versuchen, sondern er muss auf specielle Eigenschaften der die einzelnen Elementarschwingungen regelnden Ursachen zurückgeführt werden. —

Cotton[3]) hat eine andere Erscheinung aufgefunden, die ebenso, wie die vorstehend beschriebene, ohne die Heranziehung stärkster spektraler Zerlegung des im Magnetfelde ausgesandten Lichtes beobachtet werden kann und mit dem Zeeman-Effekt im engsten Zusammenhang steht.

Die äusseren Schichten einer mit einem Metalldampf gefärbten Bunsen-Flamme *(A)* leuchtet nur sehr schwach, absorbiert aber deutlich das Licht einer zweiten schwachen und gleichgefärbten Flamme *(B)*. Bringt man *A* oder *B* zwischen die Pole eines Magneten und lässt die von *A* nach *B* verlaufenden Strahlen den Kraftlinien parallel gehen, so verschwindet bei Erregung des Feldes diese Absorption.

Die Erklärung des Vorganges ist sehr einfach. Die Absorption findet nach dem Kirchhoffschen Satz nur dann statt, wenn die Farben der beiden Flammen genau gleich sind; wird die der einen im Magnetfeld (durch Verwandlung jeder Spektrallinie in ein Duplet) geändert, so ist die Vorbedingung der Absorption aufgehoben und dieselbe kann nicht eintreten. Die niedrige Temperatur der beiden Flammen ist dem Experiment deshalb förderlich, weil sie sehr schmale Spektrallinien liefert und hierbei bereits eine sehr geringe Zerlegung in der einen Flamme eine merkliche Farbendifferenz bewirkt.

Bei Benutzung der Strahlen, die sich normal zu den Kraftlinien des Feldes fortpflanzen, verhalten sich die Schwingungskomponenten parallel und normal zu den Kraftlinien in leicht erkennbarer Weise verschieden.

Ferner sei erwähnt, dass verschiedene Beobachter[4]) übereinstimmend wahrgenommen haben, dass das Licht, welches eine zwischen den Polen eines Magnetfeldes aufgestellte Flamme in allen Richtungen aussendet, bei Erregung des Magnetfeldes an Intensität zunimmt.

Die Reihe dieser einander einigermassen verwandten Beobachtungen möge eine etwas spätere Wahrnehmung von folgendem Inhalte schliessen.

Righi[1]) sandte einen kräftigen Strahl weissen Lichtes nach Durchsetzung eines Nikols durch die Durchbohrungen der Halbanker eines Magneten — also parallel den Kraftlinien des etwa erregten Feldes — und brachte die austretende Intensität mit Hilfe eines zweiten Nikols auf Null. Wenn dann zwischen die Pole des Magneten eine mässig helle Natriumflamme gebracht wurde, so trat vor der Erregung des Magneten die Hälfte der Intensität dieser Lichtquelle aus dem zweiten Nikol aus, nach Erregung dagegen ein viel stärkerer Anteil gelben Lichtes, herrührend von der primären (weissen) Lichtquelle.

Righi sah diesen Vorgang als eine ganz direkte Wirkung des Zeeman-Effektes an. Vor der Erregung des Magnetfeldes wird der Schwingungszustand des von der weissen Lichtquelle ausgehenden und linear polarisierten Lichtes in der Natriumflamme nicht geändert; der zweite Nikol hält dasselbe also vollständig auf. Nach der Erregung wird nach dem Kirchhoffschen Satz, der für jeden Polarisationszustand gilt, für die beiden Farben des Zeemanschen Duplets je eine cirkulare Schwingung in der Natriumflamme absorbirt; es bleibt also für jede von ihnen eine solche Schwingung von entgegengesetzter Rotationsrichtung übrig. Von diesen cirkularen Schwingungen lässt aber der Analysator je eine Komponente ins Auge gelangen. Die beschriebene Wirkung tritt bei viel geringeren Feldstärken in merklicher Stärke ein, als der eigentliche Zeeman-Effekt.

Die Righische Anordnung führte zu dem gleichen Ergebnis, wenn eine Lithium- oder Thallium-Flamme an Stelle der Natrium-Flamme gesetzt wurde, ja auch bei einer (nicht leuchtenden) Röhre mit Untersalpetersäure, bei welcher Substanz der eigentliche Zeeman-Effekt bislang noch nicht nachgewiesen war und erst in neuester Zeit in schwachen Spuren von Righi[2]) aufgefunden zu sein scheint.

Dies weist darauf hin, und wird später genauer erörtert werden, dass noch ein anderer Umstand, als der von Righi herangezogene, und zwar vielleicht in überwiegendem Masse, bei den beschriebenen Erscheinungen beteiligt ist. —

Während so die Kenntnis der magnetooptischen Wirkungen in einer von der ursprünglichen Zeemanschen abweichenden Richtung nicht unerheblich gefördert wurde, hatte auch das Fortschreiten auf dem von Zeeman selbst eingeschlagenen Wege zu neuen merkwürdigen Resultaten geführt.

1) H. A. Lorentz, Zittingsversl. Kon. Akad. van Wet. Amsterdam, 1897/98, S. 193.
2) A. Cotton, Compt. Rend. 125, S. 1169, 1897.
3) A. Cotton, Compt. Rend. 125, S. 865, 1897.
4) N. Egoroff und N. Georgiewsky, Compt. Rend. 125, p. 17, 1897; A. Cotton, Compt. Rend. 125, S. 1171, 1897; E. v. Aubel, Journ. de Phys. 7, S. 408, 1898.

1) A. Righi, Compt. Rend. 127, S. 217, 1898.
2) A. Righi, R. Acad. Bologna, Rend. vom 28. Mai 1899.

Cornu[1]) entdeckte, dass die Zerlegung einer Spektrallinie in ein Triplet bei Beobachtung normal zu den Kraftlinien keineswegs ausnahmslos stattfindet; er fand im Widerspruch mit der elementaren Theorie von Lorentz in einigen Fällen (z. B. bei der *Na*-Linie D_1) ein Quadruplet, entstanden durch eine Trennung der inneren, normal zu den Kraftlinien polarisierten Komponente auf etwa den halben Abstand der äusseren Komponenten, in einem Falle (der *Na*-Linie D_2) sogar ein Sextuplet, erhalten durch eine sehr schwache Zerlegung aller drei Komponenten des Zeemanschen Triplets.

Die hierdurch signalisierte unerwartete Komplikation des Phänomens ist von verschiedenen anderen Beobachtern[2]) bestätigt worden. Insbesondere hat Michelson[3]) mit seinem oben beschriebenen Interferometer bei Beobachtungen normal zu den Kraftlinien eine ganze Anzahl neuer Zerlegungstypen aufgefunden, die sich kurz dahin charakterisieren lassen, dass jede Komponente des Zeemanschen Triplets aus Gruppen von mehreren Unterkomponenten besteht, deren Intensität von der Mitte der Gruppe nach deren Rändern zu abnimmt. Um die einigermassen indirekte Methode der Beobachtung mit dem Interferometer durch eine direktere von ähnlicher Leistungsfähigkeit zu ersetzen, erfand Michelson[4]) sein Echelon-Spektroskop, einen höchst originellen Apparat zur Erzeugung von Gitterspektren ausserordentlich hoher Ordnung. Die von der Lichtquelle ausgehende und durch einen Kollimator C eben gemachte Welle fällt auf eine aus gleich dicken Glasplatten gebildete Glastreppe T, deren ungefähre Gestalt aus der nebenstehenden Figur 2 ersichtlich ist. Die beiden je aus zwei benachbarten Stufen der Treppe austretenden Wellen besitzen den gleichen, sehr bedeutenden Gangunterschied; es kommt somit im Beobachtungsfernrohr F in der Richtung des einfallenden Lichtes ein Gitterspektrum von sehr hoher Ordnung zu stande. Da dieses Spektrum von denjenigen noch höherer und niederer Ordnung dicht überlagert ist, so gestattet das Instrument eine Beobachtung nur dann, wenn die einfallende Welle nahezu einfarbig ist, wenn also z. B. aus dem Licht des untersuchten glühenden Metalldampfes mit Hilfe eines Prisma und des Kollimatorspaltes eine einzige Linie ausgesondert wird. Die Beobachtungen mit diesem merkwürdigen Instrument haben Michelsons frühere Resultate im wesentlichen bestätigt, sie haben aber ausserdem einen ganz neuen Typus des Verhaltens von Spektrallinien festgestellt, insofern in vereinzelten Fällen ursprünglich mehrfache Linien — soweit die normal zu den Kraftlinien polarisirte Komponente beobachtet wurde — bei der Erregung eines Magnet-Feldes von wachsender Stärke einander allmählich näher rückten und schliesslich zusammenfielen.

Becquerel und Deslandres[1]) haben auch Fälle von Triplets und Quadruplets beobachtet, bei denen die Polarisationsverhältnisse gegenüber dem Zeemanschen Urtypus so geändert



Fig. 2.

sind, dass die inneren Komponenten zu den Kraftlinien des Magnetfeldes parallele, die äusseren dazu normale Polarisation zeigten.

Parallel zu den Kraftlinien des Magnetfeldes beobachtet, fanden hierbei sich immer dieselben Gruppen wieder, die bei normaler Beobachtung parallel zu den Kraftlinien polarisiert waren.

Endlich zeigten Zeeman[2]) und Cornu[3]) unabhängig voneinander, dass auch bezüglich der Abhängigkeit der Grösse der Zerlegung von der Schwingungsperiode das Gesetz, welches man, wie oben dargethan, aus der elementaren Lorentzschen Theorie folgern kann, von der Beobachtung nicht bestätigt wird; unter Umständen zeigen vielmehr unmittelbar benachbarte Spektrallinien (z. B. solche im *Zn*-Spektrum) ganz wesentlich verschiedene Zerlegungen, auch kommen mitten zwischen Linien mit Zerlegung andere völlig indifferente vor. Natürlich stimmen hiernach auch die bei verschiedenen Substanzen nahe gleichen Wellenlängen entsprechenden Zerlegungen nicht miteinander überein. —

1) A. Cornu, Compt. Rend. 126, S. 181, 1898.
2) S. z. B. Th. Preston, Phil. Mag. (5) 45, S. 325, 1898.
3) A. A. Michelson, Phil. Mag. (5) 45, S. 348, 1898, Astrophys. Journ. 7, S. 131, 1898.
4) A. A. Michelson, Astrophys. Journ. 8, S. 37, 1898.

1) H. Becquerel und H. Deslandres, Compt. Rend. 126, S. 997; 127, S. 18, 1898.
2) P. Zeeman, Phil. Mag. (5), 45, S. 197, 1898.
3) A. Cornu, Compt. Rend. 126, S. 300, 1898.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

A. Wüllner (Aachen), Über die Spektra der Kanalstrahlen und der Kathodenstrahlen.

Der Vortragende berichtete über eine Vergleichung der Spektra der Kathodenstrahlen, Kanalstrahlen und des positiven Büschellichtes in verschiedenen Gasen, nämlich Sauerstoff, Wasserstoff, Aethylen, einem Gemische von Aethylen und Sauerstoff und in Luft. Die Vergleichung wurde veranlasst durch eine Arbeit Rieckes, in welcher derselbe die Annahme machte, dass die Kanalstrahlen ausgeworfene Teilchen der Kathoden seien. Von der Ansicht ausgehend, dass das in den Kathoden- und Kanalstrahlen sich zeigende Licht das von den ausgeschleuderten und glühenden Teilchen ausgehende Licht sei, musste das Spektrum über die Natur der fortgeschleuderten Substanz entscheiden können. Es wurde deshalb auch auf das vorsichtigste Sorge getragen, dass eine Mischung des Lichtes der Kathoden- und Kanalstrahlen mit positivem Büschellicht nicht eintreten konnte, so dass die Spektra der ganz reinen Kathoden- und Kanalstrahlen beobachtet wurden.

Die Beobachtungen ergaben, dass die Spektra sowohl der Kathoden- als der Kanalstrahlen Spektra der in den Röhren vorhandenen Gase sind, beide liefern nur Teile, aber verschiedene Teile des vollständigen Spektrum, welches das positive Büschellicht zeigt.

Das vollständige Spektrum des Sauerstoffs hat der Vortragende in Wiedem. Ann. Bd. 8 und ausführlicher in den Sitzungsberichten der Berliner Akad. vom 25. Juli 1889 beschrieben. Es besteht aus 5 Banden, welche die dem Sauerstoff eigentümliche Helligkeitsverteilung zeigen, dass sie in der Mitte die grösste Helligkeit haben, aus einigen schwach hellen Feldern und einer ziemlich grossen Anzahl heller Linien. Die Banden liegen im Rot zwischen den Wellenlängen 644 (Ångström-Einheiten) und 634, im Orange zwischen 603 und 594, im gelben zwischen 592 und 580, im gelbgrünen zwischen 564 und 551 und im grünen zwischen 530 und 519. Hinter der grünen Bande sieht man zwischen 518 und 503 noch drei sehr schwache helle Felder. Die hellen Linien sind von O_α (615) an über das ganze Spektrum verteilt.

Die Kathodenstrahlen zeigen in ihrem Spektrum die hellste Partie der Bande im Orange (598), die gelbgrüne Bande, deren hellste Stelle der Wellenlänge 560 entspricht, die Linie mit der Wellenlänge 533, welche stets zuerst im Sauerstoffspektrum sichtbar wird, wenn man den Strom bei wachsender Verdünnung des Gases durch die Röhre gehen lässt, und die grüne Bande um die Wellenlänge 526 herum. Ausserdem sah man noch die vorhin erwähnten hellen Felder. Von anderen im positiven Büschellicht zum Teil sehr hellen Linien ist im Spektrum der Kathodenstrahlen nichts zu sehen.

Im Spektrum der Kanalstrahlen ist von den Banden so gut wie nichts zu sehen, höchstens eine schwache Andeutung der gelbgrünen und grünen; dagegen treten eine Anzahl von hellen im Spektrum der Kathodenstrahlen nicht sichtbaren Linien auf; zunächst die im Spektrum des positiven Büschellichtes vielleicht hellste Linie, Plückers O_α Wellenl. 615 und die beiden grünen Linien 544 und 533, schwächer noch etwa 4 weitere Linien.

Das Spektrum der Kathodenstrahlen zeigt hiernach wesentlich nur die Banden, das der Kanalstrahlen wesentlich nur Linien des vollständigen vom positiven Büschellicht gelieferten Spektrum des Sauerstoffs, dem Sauerstoff fremdes Licht konnte der Vortragende nicht erkennen.

Im Wasserstoff zeigten die Kanalstrahlen die drei Wasserstofflinien H_α, H_β, H_γ auf sehr schwach beleuchtetem Hintergrund, in den Kathodenstrahlen sind die Linien sehr schwach, dagegen ist das Bandenspektrum in ziemlicher Ausdehnung und relativ hell sichtbar. Ebenso verhält sich reines Aethylen, dessen Spektrum überhaupt sich wenig vom Wasserstoffspektrum unterscheidet.

Mischt man zum Aethylen Sauerstoff, so zeigt das positive Büschellicht sehr hell die charakteristischen Kohlenbanden; die Kathodenstrahlen zeigen diese Kohlenbanden ebenfalls recht hell, daneben schwach H_α und H_β, die Kanalstrahlen zeigen diese Banden kaum, dagegen die Wasserstofflinien und einige andere hell.

Auch in Luft zeigten die Kathoden- und Kanalstrahlen Teile des Spektrum des positiven Buschellichtes, Genaueres müssen weitere Messungen ergeben.

Zum Schlusse bemerkte Vortragender, dass er sich ausdrücklich auf die Beschreibung des Beobachteten beschränke und sich Schlüsse, etwa die Theorie der Gasspektra betreffend, vorbehalte.

(Eingegangen 3. Oktbr. 1899.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Discussion. (Von den Beteiligten durchgesehen.)

Goldstein (Berlin). In einer 1886 in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie[1]) veröffentlichten Arbeit habe ich das spektrale Verhalten der Kanalstrahlen bereits besprochen und erwähnt, dass das Spektrum der Kanalstrahlen in Sauerstoff identisch ist mit dem von Schuster (1878) als compound-line-spectrum bezeichneten Spektrum, während das Spektrum des gewöhnlichen Kathodenlichts wesentlich aus Banden besteht. Auch zeigte sich kein Einfluss des Elektrodenmetalls auf das Spektrum der Kanalstrahlen. — Für Kohlenwasserstoffe (reines Aethylen habe ich nicht untersucht) kann ich das Zurücktreten der Kohlenbanden im Spektrum der Kanalstrahlen aus meinen neueren Untersuchungen bestätigen; ich habe dabei immer nur das Linienspektrum des Wasserstoffs gesehen, nicht, wie Herr Wüllner, auch noch zum Teil Kohlenstoffbanden. Derartige Erscheinungen haben mich zu der Vermutung geführt, dass die Kanalstrahlen eine zersetzende Wirkung haben. Dazu stimmt ihre Wirkung auf manche feste Körper; sie zersetzen die Glaswand, resp. das in ihr enthaltene Chlornatrium, indem sie das gelbe Licht und das Spektrum des Natrium hervortreten lassen. In einem Vortrag im Verein für Förderung der Photographie habe ich 1896 hierüber gesprochen (s. Photogr. Mitteilungen Bd. 32, 351). Überhaupt ist mir in den letzten Jahren ein weitgehender Parallelismus in der Wirkung der verschiedenen Arten von Kathodenstrahlen auf Gasteilchen und auf feste Körper entgegengetreten.

Dass die Kanalstrahlen in Luft und Stickstoff gelb oder, wie Herr Wüllner sagte, braun seien, ist keine ganz genaue Angabe. Es giebt nämlich zwei Formen der Kanalstrahlen, die zu einander in demselben Verhältnis stehen wie die magnetisch ablenkbaren Kathodenstrahlen der zweiten Schicht des Kathodenlichts zu den aus ihnen durch Diffusion entstehenden Strahlen der dritten Schicht oder des „Glimmlichts". Die Kanalstrahlen werden in analoger Weise an den Gasteilchen diffundiert. Die diffundierten, nach allen Seiten sich ausbreitenden Kanalstrahlen in Luft und Stickstoff nun sind goldgelb und erscheinen bei geringer Lichtstärke bräunlich. Die noch nicht diffundierten, in engen Bündeln sich fortpflanzenden Kanalstrahlen aber haben bei diesen Gasen bläuliche Farbe. — Für die weitere Untersuchung der Kanalstrahlen empfehle ich den Wasserstoff als Medium; sie treten in ihm in vorzüglicher Weise hervor, weil sie bei geeigneten Gasdichten viel heller sind als das übrige Kathodenlicht. Das geht so weit, dass man von den für Kanalstrahlen sonst gebrauchten, das Röhrenlumen sperrenden, eng durchbohrten Kathoden dann absehen kann. Man formt aus Aluminiumblech einen kleinen Cylinder von 1—4 mm Weite und etwa 1 cm Länge und hängt ihn als Kathode im Wasserstoff auf. Aus den Öffnungen des Cylinders treten dann helle rosa Bündel von Kanalstrahlen aus, gegen die das übrige Kathodenlicht zurückbleibt. — Da die Kanalstrahlen bisher im allgemeinen durch die Abwesenheit gewisser Eigenschaften (z. B. der magnetischen Ablenkbarkeit) charakterisiert wurden, so darf ich vielleicht auch einige positive Merkmale derselben hier erwähnen. Die Kanalstrahlen greifen die Kathode (hierbei zweckmässig kleinflächig zu wählen) an denjenigen Stellen, in denen sie mit maximaler Intensität entspringen, merklich an. Diese Stellen sind bedingt durch den Umriss der Kathode; bei einer polygonalen Kathode z. B. sind es die grossen Radien. Durch die Emission der Kanalstrahlen stellen sich diese Radien als Furchen dar auch an Stahl- und Nickelkathoden. — Ferner zeigen die Kanalstrahlen zu derjenigen Ablagerung des Kathodenmetalls auf den Wänden, die durch Zerstiebung erfolgt und lange bekannt ist, ein antagonistisches Verhalten: da, wo kräftige, mit anderem Kathodenlicht gemischte Kanalstrahlenbündel auf die Wand fallen, ist entweder gar kein oder verhältnismässig sehr wenig Metallniederschlag abgelagert. Lässt man das Kanalstrahlenbündel auf einen schon gebildeten Metallniederschlag fallen, so entsteht eine Lücke, indem da, wo die Kanalstrahlen auftreffen, der Niederschlag wieder verschwindet. —

Die Kanalstrahlen, die von einem bestimmten Punkte ausgehen, breiten sich im allgemeinen in fast genau entgegengesetzter Richtung aus, wie die gewöhnlichen, magnetisch ablenkbaren Kathodenstrahlen, die von demselben Punkte ausgehen. 1881 habe ich mitgeteilt (Monatsber. der Berl. Akademie 1881 S. 78; Wied. Ann. Bd. 15 S. 254), dass ebene oder regelmässig gekrümmte Kathoden von regelmässigem Umriss im Phosphorescenzlicht der Gefässwand Figuren von regelmässiger Gestalt erzeugen. Z. B. bildet bei einer dreieckigen Kathode das Phophorescenzlicht einen dreistrahligen Stern, bei einer fünfeckigen einen Stern von fünf Strahlen, und zwar kreuzen die Sternstrahlen bei regulären Polygonen perspektivisch die Mitten der Polygonseiten. Diese Phosphorescenzfiguren bedeuten, dass von den Randteilen der Kathoden phosphorescenzerregende Strahlen ausgehen, welche gegen die Achse der Kathode stark schräg nach aussen gerichtet sind. Entgegengesetzt ist das Verhalten der Kanalstrahlen; ihren Verlauf kann man, wenn sie in Wasserstoff erzeugt werden, direkt verfolgen. Man sieht dann, dass das Kanalstrahlenlicht bei

1) Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wissensch. 1886, S. 691; Wied. Ann. 64, S. 38, 1898.

regelmässig geformten Kathoden ebenfalls regelmässige Figuren bildet; aber die Strahlen, die diese Figuren erzeugen, breiten sich von der Kathode zunächst nicht nach aussen aus, sondern sie streichen nach innen über die Kathodenfläche hin und dann erst über sie hinaus. Ist die Kathode z. B. ein reguläres Fünfeck (Fig. 1), so bilden die gewöhnlichen phosphores-



Fig. 1

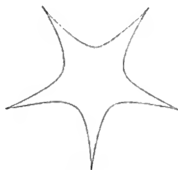


Fig. 2.

cenzerregenden Kathodenstrahlen eine Sternfigur (Fig. 2), deren Strahlen die Mitten der Polygonseiten kreuzen; die Kanalstrahlen aber bilden einen Stern (Fig. 3), dessen Strahlen wie die Halbierungslinien der Winkel gerichtet sind. Hat man eine Kathode von der Form Fig. 4, eine Kreisfläche, die rechts durch zwei Sehnen abgestumpft ist, so gehen in den phosphorescenzerregenden gewöhnlichen Kathodenstrahlen entsprechend zwei Helligkeitsmaxima (*aa*) nach rechts (Fig. 5); in den Kanalstrahlen



Fig. 4.

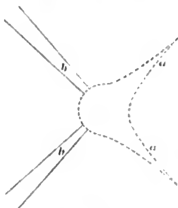


Fig. 5.

aber treten die von den Abstumpfungen erzeugten Maxima (*bb*) der linken Seite hervor.

Ebert (München). Ein Schüler von mir, Paul Ewers, dessen gekürzte Dissertation in Wiedem. Ann. erschienen ist, hat systematisch die Ausbreitung der Kanal- und Kathodenstrahlen in verschiedenen Gasen untersucht. Als Mass dieser Ausbreitung diente die Quantität positiver oder negativer Elektricität, die auf eine in bestimmter Entfernung befindliche Elektrode übertragen wird. Es zeigte sich dabei ein Zusammenhang mit der mittleren freien Weglänge der Moleküle. Also müssen in der That bei Wasserstoff mit der grössten Weglänge die genannten Strahlen am schnellsten sich entwickeln. Ewers hat ferner eine ganze Reihe von Netzkathoden untersucht, Eisen, Platin u. s. w., und da zeigte sich eine völlige

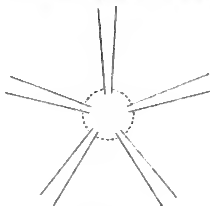


Fig. 3.

Unabhängigkeit von dem Material. Es wird Material von den Elektroden fortgeschleudert; das leuchtet aber nicht, sondern die getroffenen, zersplitterten Gasionen sind die leuchtenden.

L. Fomm (München), Elektrische Abbildungen.

Bedeckt man nach W. Holtz (1880) eine metallische Scheibe mit einem Seidentuch, stellt ihr in einer Entfernung von wenigen Centimetern eine leitende Spitze gegenüber und verbindet die Scheibe mit dem positiven, die Spitze mit dem negativen Pole einer Influenzmaschine, so bedeckt sich die Scheibe innerhalb eines Kreises mit schwachleuchtendem, nur im Dunkeln bemerkbarem Glimmlichte.

Ersetzt man die metallische Scheibe durch eine solche von Holz, so kann man in dem blauen Glimmen deutlich die Struktur des Holzes ausgeprägt sehen, namentlich wenn man das Seidentuch vorher schwach mit Öl getränkt hat. Die Jahresringe deuten sich in dem Strukturbilde durch intensiveres Leuchten an.

Da das Glimmlicht photographisch wirksame Strahlen enthält, so kann man leicht diese Strukturbilder festhalten. Dies geschieht folgendermassen.

Die mit Glaspapier fein geschliffene, sehr trockene Holzplatte, von der man ein Abbild gewinnen will, wird auf ein zur Erde abgeleitetes Staniolblatt gelegt und mit hochempfindlichem photographischen Papier (z. B. Eastmanpaper), die Schichtseite der abzubildenden Fläche

zugekehrt, bedeckt. Über dem Ganzen befindet sich in einer Entfernung von ungefähr 5 cm eine metallische Spitze. Diese wird mit Vorteil mit dem negativen Pole einer Influenzmaschine verbunden, während der positive Pol zur Erde abgeleitet ist, da das kleine negative Büschel, das an der Spitze auftrifft, weniger das lichtempfindliche Papier als Nebenlicht beeinflusst, als es die grossen positiven Büschel thun würden. Nach einer Minute ist bei einer kleinen, nach 10 Sekunden bei einer grösseren einfachen Influenzmaschine das Papier genügend exponiert, um ein kräftiges Bild beim Entwickeln zu liefern. Beistehende Figur 1 ist ein auf diese Weise elektrophotographisch hergestelltes Bild. Man sieht die Jahresringe deutlich abgebildet.



Fig. 1.

Der physikalische Vorgang ist dabei folgender: Das photographische Papier wird durch die aus der Spitze strömende Elektricität negativ geladen. Zwischen dem Papier und der Holzplatte befindet sich eine dünne Luftschicht, die luminescierend wird, und zwar mit blauem, photographisch wirksamem Lichte. Diese elektrische Entladungerscheinung ist nicht an allen Stellen des Holzes gleich kräftig; an den Jahresringen ist sie am bedeutendsten und deshalb leuchtet die Luft hier stärker, als an anderen Stellen, was sich im photographischen Bilde ausprägt.

Figur 2 stellt das auf gewöhnlichem photographischen Wege erhaltene Bild desselben Holzschnittes dar. Die Ähnlichkeit der beiden Bilder ist nur eine zufallige. Thatsächlich hat das elektrophotographische Bild mit dem optischen Charakter der Oberfläche des Holzes gar nichts zu thun, sondern es gelangt nur der stoffliche Charakter des Holzes zum Ausdruck. Dies zeigt sich am deutlichsten durch folgenden Versuch.

Bekanntlich laufen vom Kern des Baumes aus radiale Strahlen, die sogenannten Markstrahlen, welche sich durch einen gewissen Glanz, den sogenannten Spiegel, auszeichnen. Bei Eichen- und Buchenholz zeigen sich diese Strahlen besonders schön. Stellen wir uns sogenannte Hirnschnitte aus diesen Hölzern her, so erscheinen die Jahresringe bei beiden dunkel, die Markstrahlen dagegen hell für das Auge.

Anders gestaltet sich das elektrophotographische Bild. Bei beiden Holzarten sind die Jahresringe dunkel; dagegen sind die Markstrahlen bei Eichenholz hell, bei Buchenholz dunkel abgebildet. Mikroskopische Schnitte lehren uns, dass die Markstrahlen beim Eichenholz reich, beim Buchenholz arm an Stärkekörnern sind, ein Beweis, dass im elektrophotographischen Bilde nicht der optische Charakter, sondern die Eigenart des Holzes zum Ausdruck gelangt.



Fig. 2.

Die Eigentümlichkeiten des Holzes lassen sich auf elektrischem Wege auch noch in anderer Weise dauernd erhalten. Man legt auf die betreffende Holzplatte Papier und siebt während der elektrischen Einwirkung irgend ein feines Pulver, z. B. Mennige oder Graphit, darauf. Sofort erscheint ein Bild des Holzes.

(Eingegangen 6. Oktbr. 1899.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Keine Discussion.

BESPRECHUNGEN.

Grundriss der allgemeinen Chemie. Von W. Ostwald. Dritte, umgearbeitete Aufl. Leipzig, Engelmann, 1899. Preis 16 Mk.

Die vorliegende neue Auflage des bekannten Buches hat gegen ihre beiden Vorgänger eine durchgreifende Umgestaltung erfahren, die im wesentlichen darauf basiert, dass — wie dem Vorbericht zu entnehmen — nicht mehr die Existenzberechtigung der neuen Theorie zu verfechten, sondern vielmehr ein gedrängter Überblick dessen zu liefern war, was diese Theorien in dem ausserordentlich fruchtbaren Decennium ihres Bestehens an wissenschaftlichen Früchten gezeitigt haben.

Während demnach der Umfang des Buches erheblich zugenommen hat, ist die Einteilung des Stoffes dieselbe geblieben. In der Art der Behandlung tritt gegen früher ein deutliches Bestreben des Verfassers besonders in den Vordergrund, den Zusammenhang der Erscheinungen hypothesenfrei induktiv zu entwickeln, und erst nachher die Hypothese lediglich als ein Hilfsmittel der Anschauungen einzuführen. Der philosophisch gebildete Forscher erblickt in einer Theorie nie eine absolute Wahrheit, sondern nur ein Werkzeug, welches die Beherrschung der Erfahrungen gedächtnismässig erleichtert und, mehr noch, der experimentellen Forschung planvolle Wege weist, ein Werkzeug ferner, welches sich auch als unzulänglich herausstellen und durch ein besseres ersetzt werden kann. Von grösstem Wert ist deshalb für eine bleibend richtige Darstellung des Inhalts der Wissenschaft die strenge Scheidung des Thatsächlichen vom Theoretischen, wie sie im vorliegenden Buche sogar für die Gebiete der Atom- und Molekulartheorie durchgeführt worden ist, indem die Begriffe des „Verbindungs-" und des „Normalgewichts" die den Hypothesen entstammenden Atom- und Molekulargewichte ersetzen. Ob eine so weitgehende Vermeidung der hypothetischen Anschauungsbilder für die Lehrenden und Lernenden vorteilhaft ist, lässt sich objektiv nicht entscheiden, ebensowenig die mehrfach im Buch ausgesprochene Ansicht, als ob die erspriessliche Handhabung z. B. der Molekular- und Atomtheorie nicht mehr von langem Bestande sei. Es wäre dann für die Kontinuität der wissenschaftlichen Entwickelung jedenfalls notwendig, die alten unzureichenden Hypothesen durch bessere neue zu ersetzen, ehe die ersteren über Bord geworfen werden, da für die Forschung der Anhalt selbst an unzulängliche Anschauungen dem blinden Suchen vorzuziehen ist. Es ist ersichtlich, dass eine Darstellung der Wissenschaft, wie die vorliegende, in — sit venia verbo — gelockertem Hypothesengewande für eine später notwendig werdende Umkleidung in neue Hypothesen von grösstem Nutzen ist.

Von speciellen Neuerungen ist vor allem die Einfuhrung einer neuen rationellen Wärmeeinheit hervorzuheben, nämlich des der Elektrik entlehnten „*Joule*" (j) resp. „*Kilojoule*" (J), welche gleich 10^7 resp. 10^{10} *Erg* für theoretische thermodynamische Berechnungen offenbar sehr bequem sind. Da $1\ J = 239.1$ *Cal* $1\ j = 0.2391$ *Cal* oder 1 *Cal* $= 4.183\ j$ ist, so liegt die Grössenordnung dieser Wärmeeinheit offenbar bequem und ihre theoretischen Vorzüge sind einleuchtend, auch schwankt ihre Definition nicht mit der Veränderlichkeit unserer Kenntnisse über die spezifische Wärme des Wassers, wenngleich andererseits wegen der Unumgänglichkeit des Wassers als Kalorimeterflüssigkeit die praktische Verwendung der Kalorie als Einheit schwerlich verschwinden wird. In dem thermochemischen Teile des Buches ist die neue Einheit konsequent durchgeführt, indem die Kalorien in J umgerechnet sind. Als allerdings theoretisch belangloser Nachteil der J-Einheit ist vielleicht die Einbusse des bequemen kalorischen Zahlenwertes der Gaskonstante in Kaloriemass $= 1.99$ oder 2 anzusehen, welche in Joulemass $= 8.31$ wird.

Eine grosse Erweiterung hat die Behandlung der chemischen Mechanik durch die Erörterung der heterogenen Gleichgewichte verschiedener Ordnung und des Phasengesetzes erfahren; desgleichen ist die Elektrochemie durch die Nernstschen Theorien über die Entstehung elektromotorischer Kräfte auf etwa ihren vierfachen Umfang gegen die erste Auflage angewachsen.

Von Corrigendis ist dem Ref. nur S. 211 aufgefallen, dass die von Raoult empirisch gefundene Gefrierkonstante des Wassers nicht 1890, sondern in völliger Übereinstimmung mit dem theoretischen Werte 1850 ist; das Versehen rührt wohl daher, dass früher von van t'Hoff mittels ungenauer R- und w-Werte im Gegenteil der theoretische Wert zu 1890 berechnet worden war.

Dem Physiker, der sich auf dem Gebiete der physikalischen Chemie orientieren will, wird der Grundriss in seiner neuen Gestalt ein wertvoller Berater sein, dessen fesselnder Belehrung es nicht leicht ist, sich zu entziehen.

R. Abegg.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 12. 16. December 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).

No. 4. R. Federico und P. Baccei, Über den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt.

In der vorliegenden Notiz setzen wir eine Methode auseinander, um ausser der genauen Zahl auch die Form der Unterbrechungen zu bestimmen, und wir machen eine Anwendung davon auf das Studium der noch nicht genügend erkannten Wirkungsweise des Unterbrechers von Wehnelt.

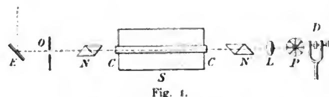


Fig. 1.

In Serie mit demselben und der Induktionsspule haben wir ein Solenoid S (Fig. 1) horizontal angebracht, welches seiner Länge nach von einem mit reinem Schwefelkohlenstoff gefüllten Glasrohr CC durchsetzt wird.

Ein Bündel Sonnenstrahlen wird von einem Heliostaten E in Richtung der Achse des Glasrohres entsandt, geht durch zwei Nikol N, N', von denen sich der eine vor, der andere hinter dem Solenoid befindet, und wird von einer Linse L auf einen Streifen photographischen Papiers konzentriert, der auf einem Rade P mit 40 Umdrehungen in der Sekunde aufgerollt liegt. Der ganze Apparat ist in einen Behälter eingeschlossen, dessen innere Wände geschwärzt sind und der eine Öffnung mit pneumatischem Verschluss, O, besitzt. — Stellt man nun die beiden Nikols auf Auslöschung und öffnet plötzlich den Verschluss, während der Strom durch den „Wehnelt" geht und das Rad in Bewegung ist, so erhält man auf dem photographischen Papier — nach der Entwickelung — einen schwarzen Streifen mit heller schattierten Unterbrechungen: derart, dass in jedem Augenblick die Intensität des photographischen Eindrucks eine Funktion der Intensität des durch den „Wehnelt" unterbrochenen Stromes ist. Die Geschwindigkeit des Rades wird dabei mit Hilfe eine Stimmgabel D gemessen, welche auf einen um dasselbe Rad gelegten Streifen schreibt. Die Intensität des durch den Unterbrecher gehenden Stromes wird durch ein Amperemeter gemessen, die Potentialdifferenz durch ein Voltmeter.



Fig. 2.

Aus der Figur 2, welche eine der photographischen Aufzeichnungen wiedergiebt, geht hervor, dass die Zeit, während welcher der Strom praktisch unterbrochen ist, im Mittel den sechsten Teil der Zeit ausmacht, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Unterbrechungen liegt.

Überdies hält sich die Stromstärke bis zum Momente der Unterbrechung fast konstant und erst einen Moment vorher nimmt sie plötzlich

ab. Sie ist vielleicht niemals ganz verschwunden, wie aus dem grauen Ton hervorgeht, welcher auf der photographischen Aufzeichnung die Unterbrechung darstellt; es zeigt sich aber ein Minimalwert. Das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Unterbrechungen ist sehr variabel, im Gegensatz zu der Dauer der Unterbrechungen selbst. Und es scheint durchaus, als bliebe bei steigender Unterbrechungszahl doch die Dauer der Unterbrechungen genau die gleiche, und nur die Zeit des Stromdurchganges scheint dabei abzunehmen.

Wir haben ausserdem noch zu entscheiden versucht, ob ein starkes Magnetfeld einen Einfluss auf die Wirksamkeit des Apparates äussert. Deshalb haben wir an einem „Wehnelt", dessen Gefäss aus einem Glasrohr von 2 cm äusserem Durchmesser bestand, einen grossen Hufeisen-Elektromagneten angebracht, dessen Polschuhe das Glasrohr selbst berührten. Unter der Einwirkung eines solchen Feldes (von circa 12000 C.G.S. Einheiten) haben wir niemals eine Änderung in der Unterbrechungszahl pro Sekunde bemerkt. Aber die Dauer der Unterbrechungen war kleiner und die Stromintensität ging fast plötzlich vom Maximal- zum Minimalwert. Auf den photographischen Aufzeichnungen sind die schwarzen Striche fast ohne graue Stellen unterbrochen. Das erklärt die Versuche von Rossi,[1]) der gefunden hatte, dass ein starkes Magnetfeld die Maximalspannung der Sekundärspule eines Induktoriums erhöhte, welches mit dem Unterbrecher verbunden war.

Ausserdem funktioniert der Apparat unter der Einwirkung eines Magnetfeldes weniger regelmässig, soweit es die Intervalle zwischen den einzelnen Unterbrechungen betrifft.

Interessante Resultate haben wir dadurch erhalten, dass wir als Elektrolyten eine Lösung von 10 Teilen Kaliumbichromat und 10 Teilen Schwefelsäure in 100 Teilen Wasser anwandten, an Stelle des angesäuerten Wassers.

Die Zahl der Unterbrechungen ist beim Gebrauch von Bichromat, auch wenn man eine kleinere Stromstärke verwendet, ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal grösser als beim Gebrauch von angesäuertem Wasser, und der Potentialabfall im Apparat ist grösser bei Verwendung der ersten als bei der zweiten Flüssigkeit.

Ausserdem ist bekannt, dass bei dem gewöhnlichen Wehnelt-Unterbrecher das angesäuerte Wasser in heftige Bewegung gerät, sich trübt und erst nach einiger Zeit wieder durchsichtig wird; dass ausserdem die Flüssigkeit sich bis zu 80° oder 90° C. erwärmt und der aktive Platindraht bei längerem Gebrauch sich mit einer Inkrustation bedeckt, welche das Funktionieren des Apparates verhindert. Wenn man aber die Lösung von Bichromat verwendet, bleibt die Lösung vollkommen klar und die Gasentwickelung ist auf die nächste Umgebung der aktiven Elektrode beschränkt. Die Gasblasen steigen langsam an die Oberfläche der Flüssigkeit, welche fast ruhig bleibt. Die Blei-Elektrode bleibt blank und keinerlei Salzbildung verunreinigt die Lösung, welche auch nach längerem Gebrauch klar bleibt. Endlich ist die Erwärmung der Flüssigkeit viel weniger heftig als bei der Anwendung verdünnter Schwefelsäure und erst nach längerer Versuchsdauer erreichte sie die Temperatur von 80° C.

Der einzige Übelstand, welchen die Lösung von Kaliumbichromat bietet, ist, dass sie sich mit der Zeit schwärzt und ihre Eigenschaften verliert; aber auch wenn sie vollkommen schwarz geworden ist, funktioniert der Apparat noch immer besser, als es bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure der Fall gewesen wäre.

(Aus dem Italienischen übersetzt von A. Coehn.)

(Eingegangen 22. Novbr. 1899.)

1) N. Cimento, (4a) vol. 10, S. 199, 1899.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über die optischen Wirkungen eines Magnetfeldes.

Von W. Voigt.

(Fortsetzung und Schluss.)

III. Teil.

Hiermit dürften die direkten Ergänzungen der Zeemanschen Entdeckung zusammengestellt sein, welche ein erneutes Eingreifen der Theorie in die Entwickelung dieses merkwürdigen Gebietes veranlassten.

Dabei ist zunächst der interessanten Untersuchungen zu gedenken, durch welche Lorentz[1]) die durch die beschriebenen Beobachtungen veränderten und bereicherten Verhältnisse des Zeeman-Phänomens darzustellen versuchte. Da dieser um die Eröffnung und Fortführung der Forschung in diesem Gebiete gleich verdiente Physiker indessen über seine bezüglichen

1) H. A. Lorentz, Wied. Ann. 63, S. 278, 1897; Proc. Akad. Amsterdam 1 S. 96 und 340, 1898/99; Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam 1898/99, S. 113 und 320.

Arbeiten in dieser Zeitschrift[1]) unlängst Bericht erstattet hat, so genügt es, hervorzuheben, dass das von ihm verfolgte Ziel die Konstruktion von schwingungsfähigen Gebilden elektrischer Massen gewesen ist, die unter dem Einfluss magnetischer Kräfte ihre Perioden und Schwingungsformen so ändern, dass sie, als Lichtquellen wirkend, die komplizierteren Formen des Zeeman-Effektes zeigen müssten. Das weitgehende Interesse dieser schwierigen Aufgabe ist einleuchtend; ein Gebilde mit den verlangten Eigenschaften würde ein sehr wahrscheinliches Abbild eines in einer Lichtquelle schwingenden Moleküles sein, von dessen Konstitution wir bisher nicht die geringste Vorstellung besitzen.

Um die Zeit dieser Lorentzschen Untersuchungen fand der Referent[2]) Veranlassung, sich von einer ganz anderen Seite her mit der Theorie des Zeeman-Effektes zu befassen. Er behandelte ausschliesslich das inverse, d. h. das Absorptionsphänomen, weil für dessen Theorie die Optik gegenwärtig sicherere Grundlagen besitzt, wie für das direkte, d. h. das Emissionsphänomen. Dieser Weg erschien unbedenklich, weil anscheinend alle Linienspektren, wenn auch vielleicht nur durch so starke Wirkungen, wie sie z. B. in der Sonne stattfinden, umkehrbar sind, und weil somit bei allen nach dem Kirchhoffschen Satz dem direkten auch der inverse Zeeman-Effekt entsprechen muss.

Referent ging von dem Phänomen aus, das longitudinal, d. h. parallel zu den Magnetkraftlinien wahrgenommen wird, und beschränkte sich anfangs auf den zuerst beobachteten, einfachsten und, trotz aller Ausnahmen, häufigsten (normalen) Fall der Zerlegung einer Absorptionslinie in ein Duplet. Der hier stattfindende Vorgang bei einfallendem linear polarisierten Licht lässt sich auffassen als die Zerlegung einer linearen Schwingung in zwei entgegengesetzt rotierende cirkulare, deren jede im Spektrum ebenso viele Absorptionslinien besitzt, wie die ursprüngliche Welle, nur mit dem Unterschied, dass diese Linien für die eine cirkulare Schwingung um ein weniges nach dem roten, für die andere nach dem violetten Ende des Spektrums verschoben sind. Da nun die moderne Theorie die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Wellen in den nächsten Zusammenhang mit den Absorptionsverhältnissen bringt, so muss dieser Verschiebung der Absorptionslinien eine Veränderung der Geschwindigkeiten der beiden Wellen entsprechen, und da eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei cirkularen Wellen gleicher Farbe zu einer Drehung der Polarisationsebene der aus ihnen resultierenden linearen Schwingung führt, so stellte diese Auffassung einen ganz nahen und unmittelbar einleuchtenden Zusammenhang zwischen dem inversen longitudinalen Zeemanschen und dem Faraday-Phänomen her.

Eine Schwierigkeit ergab die Betrachtungsweise bei ihrer Anwendung auf die Zerlegung in ein Triplet, die bei dem normalen Phänomen in der Richtung senkrecht zu den Kraftlinien, d. h. transversal, beobachtet wird. Denn derselbe Schluss muss auch hier gelten: die einfallende, etwa unter 45° gegen die Kraftlinien linear polarisierte Welle zerfällt in zwei resp. normal und parallel zu jenen polarisierte Komponenten, die verschieden absorbiert werden; diese Wellen müssten nun auch verschiedene Geschwindigkeiten besitzen, — aber es war keine Erscheinung bekannt, welche auf eine solche gewöhnliche Doppelbrechung in der Richtung normal zu den Kraftlinien des Feldes hingedeutet hätte. Somit entstand die Aufgabe, ein Formelsystem aufzustellen, welches zugleich die Faradaysche Drehung der Polarisationsebene und die inversen Zeeman-Effekte parallel und normal zu den Kraftlinien liefert und dabei auch das anscheinende Fehlen der transversalen magnetischen Doppelbrechung erklärt.

Ehe von den Mitteln zur Aufstellung dieser Formeln gesprochen wird, möge erwähnt werden, dass der vorstehende Gedankengang, wie sich nachträglich gezeigt hat, anderen Forschern mehr oder weniger vollständig schon früher vorgeschwebt hat. So hat Ketteler[1]) bereits 1882 eine Theorie der magnetischen Drehung der Polarisationsebene gegeben, die, so angreifbar auch ihre Grundlagen sein mögen, auf eine Verschiebung der Absorptionsstreifen im magnetischen Felde führt, wie sie bei der Beobachtung parallel zu den Kraftlinien wahrgenommen wird; aber er hat deren Beziehung zum Zeeman-Phänomen nicht rechtzeitig bemerkt. Diese Beziehung hat bei von ihm gegebenen Formeln Fitzgerald[2]) sehr wohl erkannt, aber er hat jene Formeln eben nur zur Verfolgung dieser einen Frage benutzt. Während beide Autoren den Effekt normal zu den Kraftlinien völlig ausser Betracht lassen, hat Goldhammer[3]) ganz gleichzeitig mit dem Referenten fast genau die oben entwickelten Überlegungen angestellt, aber er ist nicht bis zur Aufstellung eines umfassenden Formelsystemes durchgedrungen.

Für die Aufstellung eines solchen Formelsystems war durch die verschiedenen in ihren Resultaten gut bestätigten Theorien der Absorption und der Dispersion eine sichere Grundlage

1) H. A. Lorentz, Phys. Zeitschr. 1, S. 39, 1899.

2) W. Voigt, Vers. deutscher Naturforscher in Düsseldorf 1898, Vortrag vom 20. Sept. Gött. Nachr. 1898, Heft 4; Wied. Ann. 67, S. 345, 1898.

1) E. Ketteler, Wied. Ann. 16, S. 86, 1882; Theor. Optik. S. 386, Braunschweig 1885; Wied. Ann. 68, S. 125, 1899.

2) G. F. Fitzgerald, Proc. Roy. Soc. 63, S. 31, 1898.

3) D. A. Goldhammer, Vers. russ. Naturforscher in Kiew, 1898, Vortrag vom 10. Sept.; Wied. Ann. 67, S. 696, 1899.

bereits gegeben; es handelte sich somit nur um eine Ergänzung derselben, welche die specifische Einwirkung des Magnetfeldes in den Gleichungen zum Ausdruck bringt. In der nach einer Grundidee von H. Hertz durch Drude[1]) entworfenen Theorie spielen eine wesentliche Rolle gewisse Vektorgrössen K_h, die für den elektrischen Zustand eines Raumelements der ponderabeln Materie, durch welche die Lichtwelle fortschreitet, charakteristisch sind. Für die Anwendung kommt die physikalische Bedeutung dieser Vektoren nicht wesentlich in Betracht, sondern nur ihr Verhalten für sich allein und der erregenden, z. B. in der Lichtwelle schwingenden, elektrischen Kraft gegenüber.

Zur Erklärung der Absorptions- und Dispersionserscheinungen hat man anzunehmen, dass diese Vektoren K_h, nach einer Erregung sich selbst überlassen, gedämpfte Schwingungen (Eigenschwingungen) ausführen, wie sie ein Pendel in einem widerstehenden Mittel bei kleinen Amplituden zeigt.

Solche Schwingungen verlangen für die Komponenten X_h, Y_h, Z_h der Vektoren K_h Gleichungen von der Form

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{d^2X_h}{dt^2} = 0,$$

wobei a_h und b_h positive Konstanten bezeichnen, von denen die a_h in erster Linie die Dämpfung, die b_h in erster Linie die Periode der Eigenschwingungen τ_h^0 bestimmt. Jeder Vektor K_h besitzt hiernach seine eigene Periode und seine eigene Dämpfung.

Die Erregung der Vektoren K_h durch die elektrische Kraft K mit den Komponenten X, Y, Z ist ausgedrückt durch eine Erweiterung obiger Gleichungen von der Gestalt

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{dX_h}{dt^2} = \varepsilon_h X.$$

Mit ihnen sind die allgemeinen Bedingungen der Elektrodynamik zu verbinden, auf die wir hier nicht eingehen können.

Aus diesen Formeln ergiebt sich, dass unter Annahme nur einer Vektorgrösse K_h der behandelte Körper bezüglich der Geschwindigkeit und der Absorption von durch ihn fortschreitenden Wellen das durch die nebenstehende Figur 3 charakterisierte Verhalten zeigt.

Mit wachsender Periode τ steigt die Geschwindigkeit ω von dem im leeren Raume stattfindenden Werte langsam an, fällt in der Nähe der Periode τ^0 der Eigenschwingung des Vektors schnell unter den Ausgangswert herab, um dann von neuem allmählich anzusteigen. Die Absorption α ist für alle Perioden mit Ausnahme der τ^0 naheliegenden klein; es tritt sonach in der Nähe von τ^0 ein Absorptionsstreifen auf, der beiläufig um so schmäler ist, je jäher der Abfall der Geschwindigkeitskurve verläuft. Für Körper, denen mehrere Vektoren K_h zugehören, ergiebt die Theorie im allgemeinen eine Wiederholung des obigen Verlaufes der ω- und α-Kurve in der Nähe jeder Eigenperiode τ_h^0, also so viel Absorptionsstreifen, als Vektoren K_h vorhanden sind. Dieser Verlauf beider Kurven ist qualitativ und quantitativ mit der Beobachtung im Einklang. Für Natriumdampf hat Becquerel[1]) die ω-Kurve photographisch fixiert.

Was nun die Einführung der Wirkung eines Magnetfeldes angeht, so ist dieselbe bei der physikalischen Unbestimmtheit der Vektoren K_h etwas willkürlich, doch keineswegs so sehr, wie es zunächst den Anschein haben möchte.[2]) Gewisse Betrachtungen über die Symmetrieverhältnisse der elektrischen und der magnetischen Kraft, über die Erhaltung der Energie einer fortgepflanzten Schwingung, über die Superposition verschiedener Schwingungen und die Annahme, dass die Zerlegung der Spektrallinien streng der Feldstärke proportional sei (worüber oben gesprochen), führen mit einer gewissen Notwendigkeit zu der folgenden einfachsten Erweiterung der letzten Formeln:

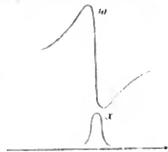


Fig. 3.

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{d^2X_h}{dt^2} + c_h \left(C \frac{dY_h}{dt} - B \frac{dZ_h}{dt} \right) = \varepsilon_h X,$$

worin A, B, C die Komponenten der magnetischen Feldstärke R bezeichnen, die c_h aber Konstanten sind, welche die Einwirkung des Feldes auf den Vektor K_h messen.

Das Resultat dieser Theorie, zunächst für Körper mit nur einem Vektor K_h und sonach mit nur einem Absorptionsstreifen und für ebene Wellen, die sich entweder parallel oder normal zu den Kraftlinien des Magnetfeldes fortpflanzen, ist folgendes.

Parallel zu den Kraftlinien pflanzen sich zwei cirkularpolarisierte und entgegengesetzt rotierende Wellen fort, deren Geschwindigkeiten ω_1, ω_2 und Absorptionen α_1, α_2 Gesetze befolgen, die geometrisch aus dem ursprünglichen erhalten werden, indem man die ω-Kurve und die α-Kurve in der obigen Figur 3 um den gleichen Betrag einmal nach rechts, einmal nach links

1) P. Drude, Wied. Ann. 48, S. 542, 1893.

1) H. Becquerel, Compt. Rend. 127. S. 899, 1898.
2) W. Voigt, Wied. Ann. 67, S. 340, 1899.

verschiebt. Die beiden Wellen haben hiernach ihre Absorptionsstreifen bei verschiedenen Perioden, somit an verschiedenen Stellen des Spektrums.[1]) Die beistehende Figur 4 verdeutlicht dies Verhältnis.

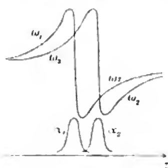


Fig. 4.

Normal zu den Kraftlinien pflanzen sich dagegen zwei senkrecht zu einander schwingende linear polarisierte Wellen fort. Die senkrecht zu den Kraftlinien polarisierte Welle befolgt nach Geschwindigkeit ω_1 und Absorption α_1 das ursprünglich geltende Gesetz; die parallel zu den Kraftlinien polarisierte besitzt eine Geschwindigkeitskurve ω'_2, die, statt eines, jetzt zwei, aber minder jähe Abfälle zu beiden Seiten des ursprünglichen zeigt; ihr Abstand ist gleich dem der beiden Abfälle bei dem longitudinalen Effekt (s. Fig. 4). Jedem Abfall ordnet sich in der früheren Weise ein Absorptionsstreifen, jetzt aber nur von halber Intensität, zu; Figur 5 zeigt das Nähere.

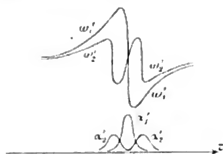


Fig. 5

Besitzt der Körper ursprünglich mehrere, hinreichend voneinander getrennte Absorptionsstreifen, so verändert sich seine ω- und α-Kurve in der Nähe eines jeden von ihnen gemäss dem oben Beschriebenen; die Beträge der Verschiebungen oder Zerlegungen sind aber für die verschiedenen Streifen voneinander unabhängig, da gleiches von den Konstanten c_h gilt.

Man erkennt ohne weiteres, dass hiernach die entworfene Theorie, den einfachsten (normalen) Fall des inversen Zeeman-Effektes sowohl parallel als normal zu den Kraftlinien richtig liefert. Man sieht aber auch, dass sie ausser diesen Veränderungen der Absorptionslinien selbst noch weitere, zuvor nicht beobachtete Erscheinungen in deren Umgebung signalisiert.

Berücksichtigt man nämlich, dass die Grösse der Geschwindigkeitsdifferenz $\omega_1 - \omega_2$ der beiden cirkular polarisierten Wellen massgebend ist für die Grösse der durch sie hervorgebrachten Drehung der Polarisationsebene einfallenden linear polarisierten Lichtes, so zeigt Figur 4, dass diese bei Gasen im allgemeinen sehr schwache Wirkung bei Annäherung an einen Absorptionsstreifen ausserordentlich zunehmen und schliesslich eine ganz abnorme Grösse erreichen muss.

Zieht man ferner in Betracht, dass die Geschwindigkeitsdifferenz $\omega'_1 - \omega'_2$ der beiden linear polarisierten Wellen die Grösse der Doppelbrechung bestimmt, so zeigt die Figur 5, dass von jener ganz ähnliches gilt, wie zuvor von der Drehung der Polarisationsebene. Die genauen Formeln ergeben zugleich auch, dass in einiger Entfernung von einem Absorptionsstreifen die Differenz $\omega'_1 - \omega'_2$ unvergleichlich kleiner ist, als $\omega_1 - \omega_2$, — nämlich von zweiter Ordnung, wenn die letztere als von erster Ordnung angesehen wird —; sie erklären somit auch, dass bei den für die betreffenden früheren Untersuchungen stets benutzten nahezu durchsichtigen Körpern jene durch die Theorie verlangte gewöhnliche Doppelbrechung nicht nachweisbar gewesen ist. —

Das erste der von der Theorie geforderten neuen Resultate wurde durch die Beobachtung unerwartet schnell bestätigt. Nur drei Tage nach dessen erster Publikation berichteten Macaluso und Corbino[1]) über Versuche, durch welche eine abnorm starke magnetische Drehung der Polarisationsebene im Natriumdampf für die den Absorptionsstreifen unmittelbar benachbarten Farben dargethan wurde. Die Absorptionsstreifen waren bei diesen Beobachtungen durch hohe Temperatur und reichliche Dampfmenge in der Flamme so breit gemacht, dass sie im Magnetfeld nicht merklich zerlegt wurden. Die bez. Wahrnehmungen beziehen sich sonach auf die äussere Umgebung des Duplets in Fig. 4. Das Gesetz dieser Drehung fand sich mit der Theorie in bester Übereinstimmung;[2]) insbesondere ergab sich die Drehung zu beiden Seiten eines Absorptionsstreifens von gleichem Vorzeichen und von gleicher Grösse, wie das Figur 4 als nötig erkennen lässt.

1) Eine dieser Figur nahe verwandte hat bereits Ketteler entworfen (Theor. Optik. S. 396).

1) D. Macaluso u. O. M. Corbino, Vers. der ital. Physiker in Turin 1898, Vortrag vom 23. Sept. Compt. Rend. 127, S. 548, 1898. Nuov. Cim. (4) 8, S. 257, 1898, 9, S. 381, 1899.

2) W. Voigt, Gött. Nachr. v. 1898, Heft 4. Wied. Ann. 67, S. 353, 1899.

Die abnorm starke Drehung der Polarisationsebene erstreckt sich nach den Beobachtungen von Macaluso und Corbino bei kräftiger Absorption über ein ziemlich beträchtliches Gebiet in der Umgebung der Absorptionsstreifen und gehört zu den augenfälligsten Wirkungen des Magnetfeldes, welche den Zeeman-Effekt begleiten. Es kann kaum ein Zweifel sein, dass sie bei dem von Righi angestellten und oben beschriebenen Experiment beträchtlichen, ja vielleicht überwiegenden Einfluss übt. —

Den experimentellen Nachweis des zweiten der von der Theorie verlangten Resultate konnte kurze Zeit darauf unter Benutzung einer der bekannten zur Auffindung einer Doppelbrechung geeigneten Methoden und ähnlicher Verhältnisse in der Flamme, wie sie Macaluso und Corbini benutzt hatten, für Natriumdampf Referent[1]) selbst erbringen. Auch hier fand sich anscheinend die Theorie vollständig bestätigt; insbesondere zeigte die Beobachtung in Übereinstimmung mit den ω'-Kurven in Figur 5, dass auf der einen Seite eines Absorptionsstreifens die eine, auf der anderen die andere Welle die grössere Geschwindigkeit besitzt.

Beide Beobachtungen sind von Becquerel[2]) wiederholt und ergänzt worden; Cotton[3]) und Righi[4]) haben die Resultate der Theorie von zum Teil etwas anderen Seiten her bestätigt. —

Die vorstehend skizzierte Theorie betrifft zunächst nur den normalen Fall des Duplets und Triplets mit den oben erörterten Intensitäts- und Polarisationsverhältnissen. Allein ihre Grundlagen sind so allgemein, dass man auf denselben auch die anormalen Fälle des Zeeman-Effektes behandeln kann. Es lassen sich leicht Erweiterungen der oben angeführten Formeln angeben, welche mit den Symmetrieverhältnissen des Vorganges, mit der Energiegleichung und mit dem Prinzip der Superposition verschiedener Schwingungen vereinbar sind und sowohl die früher erwähnten häufigen anormalen Intensitätsverhältnisse der Triplets,[5]) als auch die gleichfalls beschriebenen anormalen Typen der Zerlegung[6]) abzuleiten gestatten. Die Angabe der hierbei zu benutzenden Hilfsmittel würde den Rahmen dieser Besprechung überschreiten. Es mag nur erwähnt werden, dass die Theorie für das bei den *Na*-Linien beobachtete specielle Quadruplet und Sextuplet, soweit allein die äussere Umgebung des ganzen Systems zusammengehöriger Komponenten in Betracht kommt, dasselbe Verhalten fordert, wie für das normale Triplet (resp. Duplet). Die oben beschriebenen, mit Natriumdampf angestellten Beobachtungen liefern also wirklich eine Bestätigung der Theorie, wenngleich es sich bei Natriumdampf eigentlich nicht um die oben vorausgesetzten normalen Duplets und Triplets handelt. —

Schliesslich mag noch eine geometrische Veranschaulichung der Geschwindigkeits- und

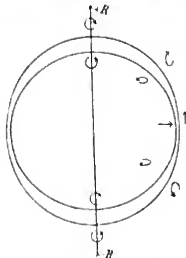


Fig. 6.

Schwingungsverhältnisse von Wellen, die einen beliebigen isotropen, im Magnetfelde befindlichen Körper in beliebigen Richtungen durchsetzen, Platz finden, wie dieselbe nach Theorie und Beobachtung sich darstellt. In Figur 6 ist für

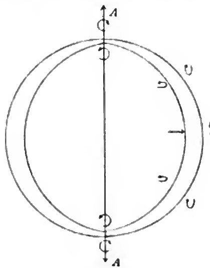


Fig. 7.

einen solchen (magnetisch-aktiven) Körper ein Meridianschnitt der Wellenfläche durch die Richtung der Kraftlinien dargestellt; die Schwingungsarten, welche den beiden Wellen in den verschiedenen Richtungen entsprechen, sind durch beigesetzte Pfeile angedeutet.

Parallel der magnetischen Feldstärke $+R$ ist die Geschwindigkeitsdifferenz $\delta\omega$ am grössten, die Schwingungen sind cirkular und von ent-

1) W. Voigt, Gött. Nachr. l. c. Wied. Ann. l. c. S. 359.
2) H. Becquerel, Compt. Rend. 127, S. 647 u. 899, 1898; 128, S. 145, 1899.
3) A. Cotton, Compt. Rend. 128, S. 294, 1899.
4) A. Righi, R. Accad. Bologna, Rend. vom 28. Mai 1899.
5) W. Voigt, Wied. Ann. 69, S. 290, 1899.
6) W. Voigt, Wied. Ann. 68, S. 352, 1899.

gegengesetzter Rotationsrichtung. Für von $+R$ mehr und mehr abweichende Richtungen nimmt $\delta\omega$ allmählich ab und erreicht den kleinsten Betrag normal zu R; gleichzeitig gehen die beiden cirkularen Schwingungen in elliptische von entgegengesetzter Rotationsrichtung mit gekreuzten grossen Achsen über und wandeln sich senkrecht zu R in geradlinige und zu einander normale. Weiterhin wächst $\delta\omega$ wieder, es treten wieder elliptische Schwingungen, aber mit den ursprünglichen entgegengesetzten Rotationsrichtungen auf, und parallel zu $-R$ geschieht die Fortpflanzung zweier cirkularer Schwingungen mit den gleichen, aber vertauschten Geschwindigkeiten, wie parallel zu $+R$.

Zur Vergleichung ist in Figur 7 ein Meridianschnitt durch die Wellenfläche eines natürlich aktiven einachsigen Krystalles (z. B. Quarz) dargestellt, und sind auch für ihn die den verschiedenen Fortpflanzungsrichtungen entsprechenden Schwingungsarten angedeutet. Die Figur dürfte ohne Erläuterung verständlich sein.

Göttingen, Oktober 1899.

(Eingegangen 21. Oktbr. 1899.)

UNTERRICHTSWESEN.

Über die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen.

Von F. Klein.

Dass es wünschenswert sei, den mathematischen und physikalischen Unterricht an unseren Universitäten unbeschadet aller Entwickelung nach der theoretischen Seite hin in lebendige Beziehung zu den technischen Anwendungen zu setzen, ist eine derjenigen Überzeugungen, welche mir mit meinen gleichstrebenden Freunden gemeinsam war, als wir vor nun 30 Jahren begannen, uns hier in Göttingen für die akademische Carriere vorzubereiten.

Nun hat es kaum allgemeines Interesse, zu schildern, wie sich diese Überzeugung im Laufe der Jahre allmählich entwickelt und durchgesetzt hat. Immerhin muss ich einige bestimmende Momente hervorheben. Ich will zunächst mit besonderem Danke der fünf Jahre gedenken, die ich (von 1875—1880) an der Technischen Hochschule in München zugebracht habe und während deren ich vor allem Gelegenheit hatte, Herrn Professor Linde näher zu treten, der damals gerade sein erstes Laboratorium zum Studium der in den Wärmemaschinen sich abspielenden physikalischen Prozesse an der Hochschule eingerichtet hatte. Ich habe dann in der Folge in Leipzig und Göttingen mit meinen Kollegen zusammen versucht, zunächst dem mathematischen Universitätsunterrichte die erwünschte Ergänzung nach technischer Seite zu geben. Die entsprechende Ausgestaltung des physikalischen Unterrichts aber stiess aus naheliegenden Gründen zunächst auf grosse Schwierigkeiten. Hier war es die Chicagoer Weltausstellung von 1893 und die Gelegenheit, die sich im Anschluss daran bot, das amerikanische Unterrichtswesen an Ort und Stelle zu studieren, die uns auf den Weg wiesen, der uns jetzt Erfolg gebracht hat. Ich denke dabei nicht sowohl an specielle Einrichtungen der dortigen Hochschulen, die uns anregend gewesen sind, wie die allgemein durchgeführte Voranstellung des Laboratoriumsunterrichts bei der Ausbildung der Ingenieure u. s. w., sondern an das System der Selbsthilfe, der privaten Initiative, welches uns drüben überall entgegentritt. Wenn es in Amerika seit lange gelungen ist, praktische Männer, welche über die nötigen Mittel verfügen, selbst für abstrakte Seiten des Hochschulunterrichts zu interessieren und mit ihrer thätigen Unterstützung an der Weiterentwickelung der Unterrichtseinrichtungen zu arbeiten, weshalb sollte dies in Deutschland, an den deutschen Universitäten, deren hochentwickelte Eigenart sich in der Öffentlichkeit immer weitgehender Sympathien erfreute, unmöglich sein? Voraussetzung für das hiermit bezeichnete Vorgehen war natürlich die Verständigung und ein dauerndes Hand-in-Handgehen mit der Regierung. Dies scheint den amerikanischen Verhältnissen gegenüber eine Komplikation, bietet aber einen ausserordentlichen Vorteil: sobald die Regierung für neue Ideen mit eintritt und deren versuchsweise Durchführung als wünschenswert bezeichnet, hat das Unternehmen von vornherein einen sehr viel höheren Grad von Stabilität. Jedenfalls sind wir im vorliegenden Falle der Regierung wie andererseits den Herren Industriellen, die uns die bisherige Durchführung

unserer Pläne ermöglichten, zum allergrössten Danke verpflichtet.

Ich überspringe die Vorverhandlungen, die sich mit wechselndem Erfolg über einen grösseren Zeitraum hinzogen und bei denen allerlei Missverständnisse beseitigt werden mussten, die heute als erledigt gelten können. Der erste positive Schritt war der, dass uns Weihnachten 1896 Herr Landtagsabgeordneter Dr. Böttinger (Elberfeld), Herr Professor Dr. Linde (München) und Herr Kommerzienrat Krauss (München) als Anzahlung eine Summe von 20000 Mark zur Verfügung stellten. Indem die Regierung gestattete, dass in unser Projekt die für unsere Universitätsbibliothek geplante elektrische Beleuchtungsanlage mit einbezogen wurde, haben wir mit dieser Summe auf dem Grundstücke des physikalischen Instituts einen ersten Maschinenraum errichten können und in diesem einen 10pferdigen Gasmotor und eine 15pferdige Dampfmaschine zur Aufstellung gebracht. Zugleich berief die Regierung zwecks Einrichtung und Verwaltung des Instituts und mit dem Auftrage, nicht nur für die Studierenden der Mathematik und Physik, sondern auch für diejenigen der Landwirtschaft über Maschinenwesen zu lesen, Herrn Dr. Mollier aus München zu Ostern 1897 als ausserordentlichen Professor. Überdies bewilligte sie die Anstellung eines Assistenten und eines Maschinenwärters, sowie ausreichende Mittel für den laufenden Betrieb.

Die so getroffene Ordnung ist indessen nur kurze Zeit in Geltung gewesen, indem Professor Mollier bereits Ende des Sommersemesters als Nachfolger Zeuners nach Dresden berufen wurde. Herr Eugen Meyer, damals Docent an der Technischen Hochschule in Hannover, wurde darauf, zunächst kommissarisch für einige Wochentage, mit dem Lehrauftrage von Professor Mollier und der Wahrnehmung der Institutsinteressen betraut. Er hatte vor allen Dingen die begonnene Einrichtung des Instituts zu Ende zu führen; es war ein grosser Moment, als Anfang December 1897 an unseren Maschinen die ersten Indikatordiagramme aufgenommen werden konnten! Die ferneren Verhandlungen mit Herrn Eugen Meyer betreffs endgültiger Übernahme der Professur führten dann bald zu denjenigen Vereinbarungen, auf Grund deren unsere Einrichtungen ihre heutige Form angenommen haben. Unter Führung von Herrn Dr. Böttinger und mit dem nächsten Zwecke der Förderung unserer Institute konstituierte sich am 26. Februar 1898 eine eigene Gesellschaft, die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik. Dieser Vereinigung traten ausser den Herren Dr. Böttinger, Prof. Dr. Linde und Kommerzienrat Krauss von Industriellen noch bei:

Herr Kommerzienrat Kuhn (Stuttgart),
Herr Generaldirektor Rieppel (Nürnberger Maschinenbau-Aktiengesellschaft),
Herr Direktor Schmitz als Vertreter der Firma Krupp, Essen,
Herr Generaldirektor Wacker (Nürnberger Elektricitäts-Aktiengesellschaft, vormals Schuckert),

denen sich bald noch

Herr Präsident Bödiker (Siemens & Halske, Berlin)

anschloss.[1]) Von seiten der Universität aber wurden Mitglieder der Vereinigung:

der Herr Kurator der Universität, Geh. Oberregierungsrat Dr. Höpfner,

sowie die Professoren:

Des Coudres, Klein, Eug. Meyer, Nernst, Riecke, Voigt, Wallach,

nach einiger Zeit auch

Professor Lexis.

Durch das Eingreifen dieser Vereinigung und das entgegenkommende Verhalten der Staatsregierung ist nun bisher folgendes erreicht:

A. Die Einrichtung und der regelmässige Betrieb eines elektrotechnischen Laboratoriums, welches unter specieller Leitung von Professor Dr. Th. Des Coudres dem unter der Direktion von Geh. Rat Riecke stehenden Institute für Experimentalphysik angegliedert ist. Professor Des Coudres hatte schon vorher im Nernstschen Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie mit dem Unterricht in der Elektrotechnik begonnen und war dann mit einem bez. Lehrauftrage am Institute für Experimentalphysik betraut worden. Jetzt konnten, wenn auch nicht grosse, so doch einigermassen ausreichende Summen zur Laboratoriumseinrichtung zur Verfügung gestellt werden; dieselben belaufen sich seither auf 34000 Mark. Auf Einzelheiten der Einrichtung und des Unterrichtsbetriebes wird wohl gelegentlich in dieser Zeitschrift zurückgekommen werden. Es wird wöchentlich einmal an einem Nachmittage ein elektrotechnisches Übungspraktikum abgehalten; ferner ist ausgiebige Gelegenheit zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten gegeben. Die Studierenden der Chemie und Physik, insbesondere auch die Lehramtskandidaten dieser Fächer, finden sich in wachsender Zahl ein, so dass jetzt schon der leider sehr unzureichende Raum des bestehenden Institutes mehr wie ausgenutzt ist.

B. Die Einrichtung und der Betrieb eines Laboratoriums für allgemeine technische Physik unter Professor Eugen Meyer. Der oben genannte Anbau wurde erweitert und

1) Neuerdings sind noch hinzugetreten: Herr Kommerzienrat Ferd. Levin (Göttingen) und Herr Generaldirektor Rathenau (Allgemeine Elektricitätsgesellschaft, Berlin).

mit verschiedenen Maschinen zum Zwecke thermodynamischer Studien, sowie den zugehörigen Messapparaten ausgestattet. Wir nennen hier einen 20pferdigen Dieselmotor, einen Kuhnschen Petroleummotor, eine Lavalturbine, eine Kälteerzeugungsanlage mit Kohlensäurebetrieb, endlich eine Kraftgasanlage. Im ganzen ist bisher eine Summe von 78500 Mark zur Verwendung gekommen. Dazu kommt (was übrigens auch bei der elektrischen Einrichtung hätte hervorgehoben werden können), dass die Beschaffung der maschinellen Anlagen seitens der liefernden Firmen vielfach durch weitgehende Rabatte wesentlich erleichtert wurde. Einzelheiten der Einrichtung müssen auch hier einer gesonderten Darstellung vorbehalten bleiben. Das Institut erfreut sich lebhafter Beachtung über die zunächst beteiligten Kreise der Physiker und Mathematiker hinaus. Von vornherein waren, wie schon angedeutet, die Interessen der Studierenden der Landwirtschaft mit berücksichtigt worden. Neuerdings wurden Kurse für die in den technischen Staatsdienst (Eisenbahndienst) tretenden Juristen eingerichtet. Namentlich sind es aber auch hier Chemiker, die an den regelmässigen Vorlesungen und Übungen, sowie an den selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten teilnehmen. Es besteht die Absicht, die Laboratoriumseinrichtung so zu vervollständigen, dass der Unterricht in technischer Mechanik, welchen die neue Prüfungsordnung für die Lehramtskandidaten der Mathematik und Physik in Aussicht nimmt, allseitig durch experimentelle Studien gestützt werden kann. In dieser Hinsicht wird es sich darum handeln, auch für die Gebiete der Hydraulik und der Festigkeitslehre in mässigen Grenzen gehaltene Hilfsmittel zu beschaffen. Im übrigen aber soll das Gebiet der Wärmekraftmaschinen, als eigenstes Arbeitsfeld des Direktors, nach Möglichkeit weiter entwickelt werden. —

Zusammenfassend wird man sagen dürfen, dass nach allen ins Auge gefassten Richtungen hin ein erfreulicher Anfang gemacht ist. Aber allerdings ist es nur ein Anfang. Es wird nicht nur darauf ankommen, dass unsere Einrichtungen noch umfassender werden und weiterhin mit dem Fortschreiten der Technik Schritt halten, sondern dass die Überzeugung von ihrer Nützlichkeit, ja Notwendigkeit in immer weitere Kreise dringt. Als neulich Herr Dr. Böttinger und ich selbst im Namen der Göttinger Vereinigung die Charlottenburger Hochschule zu ihrer Jubelfeier begrüssten, haben wir eben hierauf das grösste Gewicht gelegt; wir haben erklärt, dass es unser Wunsch sei, durch unser Vorgehen an den deutschen Universitäten eine allgemeine Bewegung im Sinne einer Annäherung an die Technik auszulösen. Ansätze im Sinne einer solchen Bewegung treten ja erfreulicherweise verschiedentlich hervor; ich möchte hier insbesondere anführen, dass auf der jüngst verflossenen Naturforscherversammlung in München zum erstenmal eine lebensfähige Abteilung für angewandte Mathematik und Physik zu stande kam, an welcher sich ausser hervorragenden Ingenieuren zahlreiche Mathematiker und Physiker eingehend beteiligten. —

Ein Wort noch über das Verhältnis unserer Bestrebungen zu den Aufgaben und Zielen der Technischen Hochschulen. Ich darf mich dabei auf den Vortrag beziehen, den ich über das allgemeine Thema: „Universität und Technische Hochschule" im vorigen Jahre auf der Naturforscherversammlung in Düsseldorf gehalten habe. Ich verlangte dort einerseits „eine durchgreifende Erweiterung der Universitäten nach der modernen Seite hin, eine volle wissenschaftliche Berücksichtigung aller Momente, die in dem hochgesteigerten Leben der Neuzeit als massgebend hervortreten", andererseits aber trat ich für die freieste und weitestgehende Entwickelung der Technischen Hochschulen ein. In der That meine ich, dass beides nicht nur miteinander verträglich ist, sondern erst in seiner Vereinigung den Fortschritt ergiebt, den wir erreichen müssen. Um zu unseren specielleren Göttinger Bestrebungen zurückzukehren: indem wir den Studierenden der Universität einen gewissen Einblick in das Wesen der Technik ermöglichen, indem wir gleichzeitig die abstrakteren Teile der Mathematik und Physik (welche bei uns in Deutschland herkömmlicher Weise nur an den Universitäten gelehrt werden) mit der Technik in Berührung bringen, glauben wir auch der Technik selbst einen Dienst zu erweisen, welcher neben den unmittelbarer hervortretenden Leistungen der Herren, die an der Technischen Hochschule wirken, als Ergänzung gelten mag. Ich betone aber lieber das Allgemeine. Es besteht eine gewisse Gefahr, dass die Abtrennung der Technischen Hochschule von der Universität zu einer unheilvollen Zweiteilung unserer höchsten wissenschaftlichen Bildung führt. Dem entgegenzuarbeiten scheint eben jetzt eine ausserordentlich wichtige Aufgabe. Darum begrüssen wir die Absicht, welche bei der Charlottenburger Feier hervortrat: an den Hochschulen mehr als bisher die allgemeinen Wissenschaften zur Geltung zu bringen, mit besonderer Freude, bitten aber zugleich, unseren Universitätsbestrebungen von der Gegenseite das gleiche Wohlwollen entgegenzubringen.

Göttingen, Anfang November 1899.

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

E. Meyer (Göttingen), Die spezifische Wärme der Gase und die Gasmotorentheorie.

Mit hinreichender Genauigkeit lassen sich durch Versuche am Gasmotor Beschaffenheit und Menge des Gasgemisches bestimmen, das am Ende der Ansaugeperiode im Cylinder zur Ausführung des Arbeitspieles bereit steht. Man denke sich nun dieses Gemenge ohne Zu- und Abfuhr von Wärme auf das Volumen des Kompressionsraumes verdichtet, dann ohne Wärmeabfuhr bei diesem Volumen vollständig verbrannt und hierauf ebenfalls adiabatisch und umkehrbar bis auf das ursprüngliche Volumen ausgedehnt. Die hierbei geleistete Arbeit sei L_i^0, die wirkliche Arbeit, die das betreffende Gasgemenge in dem untersuchten Gasmotor während des Kompressionshubes und Expansionshubes leistet, und die als der Unterschied der Expansions- und Kompressionsarbeit mit Hilfe des Indikatordiagrammes bestimmt werden kann, sei mit L_i^+ bezeichnet.

Die Differenz $L_i^0 - L_i^+$ stellt dann die Arbeitsverluste dar, die während des Kompressions- und Expansionshubes durch die Wärmeabfuhr an die Wandung, durch verfrühte oder verspätete Zündungen, durch unvollständige Verbrennung und durch Vorausströmung entstehen.

Die Berechnung von L_i^0 kann mit Hilfe von thermochemischen und physikalischen Formeln ausgeführt werden, wenn der Heizwert des verwendeten Gases, sowie die Konstante R des Boyle-Gay Lussacschen Gesetzes und die spezifischen Wärmen des Gasgemenges vor und nach der Verbrennung bekannt sind. Bezüglich der spezifischen Wärmen herrscht aber die grösste Unsicherheit, wie die folgenden Mitteilungen erweisen.

In der Gasmotorentheorie wurden früher die spezifischen Wärmen der wirklichen Gase, wie dies bei den idealen Gasen der Fall ist, als unabhängig von Druck, Volumen und Temperatur angenommen. In neuerer Zeit dagegen wird mit den Werten gerechnet, die Mallard & Lechatelier auf Grund ihrer Versuche für eine Reihe von Gasen angegeben haben. Nach ihnen ist die spezifische Wärme bei konstantem Volumen ausschliesslich von der augenblicklichen Temperatur τ abhängig und kann mit genügender Annäherung durch $c_v = a_v + b\tau$ ausgedrückt werden, wo a_v und b Konstante bedeuten. Bei der Berechnung von L_i^0 erhält man nun ganz verschiedene Werte, je nachdem man mit konstanten spezifischen Wärmen oder aber mit den Werten von Mallard & Lechatelier rechnet. So ergab sich bei einem Versuche an der 10pferdigen Deutzer Gasmaschine des Göttinger Institutes für technische Physik, die bei 5,1 kg/qcm Kompressionsspannung, 196,0 Minuten-Umdrehungen, und 9,81 Bremspferdestärken Leistung, 633 Liter Leuchtgas von 5170 WE/cbm unterem Heizwert pro eff. Pferdekraft und Stunde verbrauchte,

$\frac{L_i^+}{L_i^0} = 0{,}870$ bei der Rechnung nach Mallard & Lechatelier und

$\frac{L_i^+}{L_i^0} = 0{,}653$ bei der Rechnung mit konstanten spezifischen Wärmen.

Die letztere Rechnung würde also ergeben, dass 34,7 Proz. der Arbeit einer verlustlosen Maschine infolge von unvollständiger Verbrennung, Wärmeabfuhr an die Wandung, von verfrühter und verspäteter Zündung und von Vorausströmung verloren gehen, während nach Mallard & Lechatelier diese Verluste nur 13 Proz. betragen würden.

Bei einem 8pferdigen Motor von Gebrüder Körting, der bei 10,25 kg/qcm Kompressionsspannung 221,2 Minuten-Umdrehungen und 10,40 Bremspferdestärken nur 440 Liter Leuchtgas von 5000 WE/cbm unterem Heizwert pro eff. Pferdekraft und Stunde verbrauchte, fand sich

$\frac{L_i^+}{L_i^0}$ nach Mallard & Lechatelier berechnet $= 0{,}884$; es würde somit gegenüber der verlustlosen Maschine nur ein Arbeitsverlust von 11,6 Proz. vorhanden sein. Nun liess sich aus dem Diagramm nachweisen, dass der Verlust durch verspätete Zündung 5,7 Proz. und derjenige durch Vorausströmung 1,1 Proz. betrug, so dass der Arbeitsverlust infolge der Wärmeabfuhr an das Kühlwasser und der etwaigen unvollständigen Verbrennung nur 4,8 Proz. der Arbeit der verlustlosen Maschine ausmachen würde. Es ist aber kaum glaublich, dass die Wärmeabfuhr an die gekühlten Wandungen einen so geringen Einfluss auf die Arbeitsverluste ausüben sollte.

Dieser Einfluss lässt sich mit Hilfe des Indikatordiagrammes auch noch in anderer Weise angeben. Man kann nämlich auf dem Wege der kalorimetrischen Untersuchung ausrechnen, welchen Betrag zwischen zwei Punkten des Indikatordiagrammes die Wärmeabfuhr an die Wandung, vermehrt um den durch unvollständige Verbrennung verursachten Ausfall an Wärme

(oder vermindert um die Wärmezufuhr beim „Nachbrennen"), ausmacht. Für drei in allen Teilen möglichst sorgfältig ausgeführte Versuche wurde diese Rechnung angestellt. Es ergab sich, dass sich bei Benutzung der Mallard-Lechatelierschen Werte vom Beginne der Zündung an bis nach Zurücklegung des ersten Zehntels des Expansionshubes nur ungefähr ein halbes Prozent der gesamten Verbrennungswärme als Verlust durch Kühlwasser und durch unvollständige Verbrennung nachweisen liess. Nun wurde aber bei den Versuchen durch chemische Analysen der Abgase festgestellt, dass durch unvollständige Verbrennung allein etwa 5 Proz. der Gesamtwärme verloren gehen. Das obige Ergebnis kann daher nicht richtig sein, mit den spezifischen Wärmen von Mallard & Lechatelier erhält man unmögliche Zahlen.

Rechnet man dagegen die Versuche mit der Annahme konstanter spezifischer Wärmen durch, so findet man als Wärmeverlust durch das Kühlwasser und durch unvollständige Verbrennung während des ersten Zehntels des Kolbenhubes 30 Proz. der Gesamtwärme, was nun als sehr viel erscheint, da während des ganzen Viertaktes nur 40 Proz. der Gesamtwärme an das Kühlwasser übergingen.

Für die Wärmeabfuhr vom Ende des ersten Zehntels bis zum Ende des neunten Zehntels des Kolbenhubes (d. h. während der Expansion) findet sich nach Mallard & Lechatelier ein Wärmeverlust von 20 Proz., dagegen bei der Annahme konstanter spezifischer Wärmen von nur 2 Proz.

Das Ergebnis auf Grund der letzteren Annahme liesse sich durch sehr erhebliches Nachbrennen erklären. Nimmt man dieses an, so werden die auf Grund der ersteren Rechnung erhaltenen Zahlen vollends unmöglich. Jedenfalls lässt sich also aus den mitgeteilten Versuchsberechnungen schliessen, dass die Werte von Mallard & Lechatelier für die spezifischen Wärmen der Gase nicht richtig sind. Auch die Annahme konstanter spezifischer Wärmen erscheint wenig zutreffend, falls man erhebliches Nachbrennen nicht für wahrscheinlich hält. Hält man an der Gleichung $c_v = a_v + b\tau$ fest, so müssen für den Temperaturkoeffizienten b jedenfalls kleinere als die Mallard & Lechatelierschen Werte gesetzt werden, doch ist nicht zu vergessen, dass nach den Versuchen von Lussana die spezifischen Wärmen der Gase auch wesentlich vom Drucke abhängig sind.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktbr. 1899.)

J. Marckwald (Berlin), Über Phototropie.

Es sind mannigfache chemische Wirkungen der Lichtstrahlen bekannt. Zu solchen sind nicht nur diejenigen Lichtwirkungen zu rechnen, welche sich, wie viele Bleichprozesse, die Verbindung von Chlor mit Wasserstoff, die Reduktion der Kohlensäure im pflanzlichen Lebensprozess in chemischen Umsetzungen zwischen verschiedenen Stoffen äussern, oder welche, wie der Zerfall der Halogensilberverbindungen, sich als Zersetzung eines Stoffes in seine Bestandteile darstellen, sondern auch diejenigen Lichtwirkungen werden als chemische zu bezeichnen sein, welche, ohne eine Änderung in der Zusammensetzung eines Stoffes herbeizuführen, doch die Anordnung der Atome im Moleküle eines Stoffes oder die Molekulargrösse ändern. Die Umwandlung des Acetaldehydes in sein Polymeres, des gelben Phosphors in den roten sind Beispiele chemischer Lichtwirkungen der letzteren Art.

Neben diesen kennt man nun eine zweite Art der Lichtwirkung, welche dadurch charakterisiert ist, dass sie sich nicht in einer dauernden Zustandsänderung des belichteten Stoffes äussert, sondern in einer vorübergehenden, welche nach der Belichtung mehr oder weniger schnell zurückgeht. Das gilt z. B. für die phosphoreszierenden Körper und für die Erscheinung, dass das Selen unter der Einwirkung der Lichtstrahlen seine elektrische Leitfähigkeit vermehrt. Solche Phänomene schlage ich vor als „Phototropie" zu bezeichnen. Ein neuartiges Phänomen dieser Art habe ich zufällig beobachtet.

Das salzsaure Salz einer organischen Base, deren Darstellung später an anderer Stelle beschrieben werden soll, und welche ich nach ihrer Konstitution als „Chinochinolin" bezeichne, zeigt, wenn man die gelben Krystalle durch Trocknen bei 100° vom Krystallwasser befreit hat, die Eigenschaft, sich im Lichte grün zu färben, im Dunkeln aber wieder die gelbe Farbe anzunehmen. Als wirksam haben sich die Lichtstrahlen von geringerer Wellenlänge erwiesen, denn rotes Licht zeigte gar keine, grünes schwache, violettes intensive Wirkung. Ausserdem hängt die Wirkung selbstverständlich von der Intensität des Lichtes ab. Direktes Sonnenlicht ruft in wenigen Sekunden, diffuses Tageslicht erst in einigen Minuten eine deutliche Farbenänderung hervor.

Die Rückverwandlung im Dunkeln ist in ihrer Geschwindigkeit sehr von der Temperatur abhängig, sie erfordert im Eisspind mehrere Tage, bei Sommertemperatur höchstens einen Tag, und sie erfolgt bei ca. 90° momentan.

Dass die Erscheinung nicht chemischer Natur ist, also etwa auf einer Isomerisation beruht, ist schon daraus zu entnehmen, dass nur das wasserfreie Chlorid des Chinochinolins die Phototropie zeigt. Die freie Base oder andere Salze zeigen das Phänomen ebensowenig, wie das mit drei Molekülen Wasser krystallisierte Chlorid selbst. Eine weitere Aufklärung über das

Wesen der Erscheinung ergab sich, als dieselbe an einer zweiten, bereits seit längerer Zeit bekannten Substanz beobachtet wurde. Die Herren Freiherr v. Seherr-Thoss zu Berlin und Professor Dr. C. Hintze zu Breslau machten mich auf das von Zinke[1]) beschriebene β-Tetrachlor-α-ketonaphthalin aufmerksam, von welchem der Autor angegeben hat, dass die farblose Verbindung im Lichte nach kurzer Zeit eine Amethystfärbung annehme.

Die nähere Untersuchung dieser Verbindung zeigte zunächst, dass auch hier die Färbung im Dunkeln wieder verschwindet. Sowohl der Eintritt des Phänomens, wie der Rückgang erfolgt unter fast gleichen Umständen, wie sie oben für das salzsaure Chinochinolin beschrieben sind. Als aber das Tetrachlorketonaphthalin in grossen, wohlausgebildeten Krystallen gewonnen, und diese, die nach allen Richtungen farblos und durchsichtig waren, dem Lichte ausgesetzt wurden, da ergab sich, dass auch nach der Belichtung die Krystalle nach zwei Richtungen hin völlig farblos und durchsichtig blieben, in der dritten Richtung aber rot-violett gefärbt erschienen. Die Krystalle werden also im Lichte pleochroitisch. Man kann sich diesen Vorgang etwa so vorstellen, dass durch die Lichtstrahlen in dem Krystall irgend welche Schwingungen angeregt werden, welche dem Lichte gewisser Wellenlängen den Durchgang nicht gestatten, bis diese Schwingungen wieder erlahmen.

Wenn die Erscheinung auf irgend eine chemische Umlagerung des Stoffes zurückzuführen wäre, so müsste die Färbung nach allen Richtungen eintreten. Der Krystall müsste auch, wie es bei Umlagerungen einer Krystallform in die andere geschieht, trübe und undurchsichtig werden. Dass in der That das Phänomen an die Krystallform des β-Tetrachlor-α-ketonaphthalins geknüpft ist, liess sich dadurch erweisen, dass es mir gelungen ist, eine zweite, allotrope Modifikation dieses Körpers aufzufinden, welche nicht lichtempfindlich ist. Diese gegen 100° stabile Modifikation bildet sich beim Erhitzen der gewöhnlichen Form im siedenden Wasserbade. Dabei werden die ursprünglich durchsichtigen Krystalle sehr schnell matt und undurchsichtig und bieten das typische Bild eines Krystalls, dessen kleinste Teilchen eine Umlagerung erlitten haben, obwohl durch Pseudomorphose äusserlich die ursprüngliche Form erhalten geblieben ist — eine Erscheinung, wie wir sie z. B. bei der Umwandlung des prismatischen Schwefels in oktaedrischen und in vielen anderen Fällen beobachten.

Diese allotrope Modifikation bleibt, auch nach dem Pulvern, im Lichte weiss. Wenn man sie aber löst und das Lösungsmittel verdunstet, so erhält man wieder die lichtempfindlichen Krystalle. Ja es genügt, die bei gewöhnlicher Temperatur labile Modifikation mit einem Kryställchen der lichtempfindlichen Form in innige Berührung zu bringen, um eine Rückverwandlung in die stabile, lichtempfindliche Form zu bewirken.

Nachdem ich die im vorstehenden beschriebene Art von Phototropie an zwei ganz heterogenen Stoffen beobachtet habe, glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich das Phänomen, wenn auch nicht in gleich auffallender Weise, bei manchen anderen Krystallen zeigen wird.

Eine gewisse äusserliche Ähnlichkeit mit denjenigen Erscheinungen, die Goldstein bei der Einwirkung der Kathodenstrahlen auf Alkali- und alkalische Erdsalze beobachtet hat, ist nicht zu verkennen. Dass diese beiden Erscheinungen in direkter Beziehung zu einander stehen, scheint mir zunächst wenig wahrscheinlich. Dagegen spricht, dass die Färbung der Salze, welche durch Kathodenstrahlen bewirkt wird, gerade im Dunkeln beständig ist und im Lichte verschwindet, ferner aber, dass diese Färbung generell bei ganzen Salzklassen eintritt, was mehr für chemische Vorgänge spricht, während, wie gerade das Beispiel des Chinochinolins zeigt, die Phototropie lediglich bei einem Einzelsalz, dem Chlorid, zu beobachten ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktbr. 1899.)

A. Lottermoser (Dresden), Überführung einiger Metalle in den kolloïdalen Zustand und Eigenschaften derselben.

Das zuerst bekannte Metall in kolloïdalem Zustande ist das von Carey Lea im Jahre 1889 entdeckte kolloïdale Silber. Dasselbe wird durch Reduktion von Silbernitrat mit Ferrosulfat bei Gegenwart von Natrium- oder Ammoncitrat als schwarz-violettes feines Pulver gewonnen, welches von Wasser mit blutroter bis rotbrauner Farbe aufgenommen wird. Durch geeignete Absaug- und Trockenvorrichtungen kann dasselbe auch in Form metallglänzender schwarzer Stücke erhalten werden. Die kolloïdale Lösung des Silbers wird von allen Elektrolyten verändert, indem sich das Silber, meist in unlöslichem Zustande, ausscheidet. Herr Professor von Meyer in Dresden und der Vortragende unternahmen nun den Versuch, die verschiedene Intensität der Einwirkung zunächst bei den Säuren quantitativ festzustellen. Es ergab sich dabei die Gesetzmässigkeit, dass bei gleicher Konzentration der kolloïden Silberlösung die Mengen der Säuren (dieselben wurden in normaler Lösung untersucht), welche zugesetzt werden müssen, um gerade Ausfällung zu erzielen, indirekt proportional der Stärke derselben sind. Es stehen diese Versuche in vollkommener Analogie zu denen von Professor

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 21, 1041.

Bodländer, welcher bei der Einwirkung von Säuren auf wässerige Kaolinaufschlemmungen die gleichen Sedimentationsgesetzmässigkeiten fand. Auch aus dieser Analogie zwischen kolloïden Lösungen und wirklichen Suspensionen ist der Schluss zu ziehen wohl berechtigt, dass es sich bei ersteren auch um Suspensionen allerdings so feiner Natur handelt, dass auch mit stärkster Vergrösserung keine Teilchen wahrzunehmen sind. Die Salzlösungen wirken sehr verschiedenartig auf die kolloïdale Silberlösung ein: Die Alkali- und Ammonsalze derjenigen Säuren, die lösliche Silbersalze bilden, scheiden kolloïdales Silber in fester Form aus, die übrigen Salze unlösliches, molekulares Silber, nur die reduzierbaren Metallchloride werden zu Chlorür reduziert, während sich andererseits Chlorsilber bildet. Sind bei der letzten Reaktion die Reagentien sehr stark verdünnt, so scheiden sich oft die Reaktionsprodukte nicht aus, sondern bleiben kolloïdal gelöst.

Die gelösten Halogene bilden aus der Lösung des kolloïdalen Silbers kolloïdales Halogensilber; so bildet eine alkoholische Jodlösung eine milchartige, gelbe Flüssigkeit, die kolloïdales Jodsilber enthält. Auch diese kolloïdalen Flüssigkeiten werden von allen Elektrolyten, und zwar ausnahmslos unlöslich gefällt.

Alle Ausfällungserscheinungen werden aber verändert durch Zusatz sehr beständiger Kolloïde zu den kolloïdalen Metall- oder Halogenmetalllösungen. Dann entsteht nämlich nur dann eine Fällung, sobald auch dieses beständige Kolloïd (Eiweiss, Gelatine) ausgefällt wird.

Von anderen Metallen hat Vortragender das Quecksilber, Wismut und Kupfer in den kolloïden Zustand übergeführt, und zwar sämtlich durch Reduktion mit Zinnoxydulsalzen. Das kolloïdale Quecksilber entsteht durch Behandeln von am besten $HgNO_3$ in schwach saurer Lösung mit einem Zinnoxydulsalze und Ausfällen der entstandenen tiefbraunen Flüssigkeit mit einem geeigneten Ammonsalze als feiner schwarzer Niederschlag, der von Wasser mit tiefbrauner Farbe aufgenommen wird. Auch dieses Präparat kann genau so wie das kolloïde Silber im trockenen Zustande erhalten werden. Die kolloïdale Lösung des Quecksilbers verhält sich Elektrolyten und gelösten Halogenen gegenüber genau so, wie das kolloïde Silber.

Das kolloïde Wismut wurde gewonnen durch Reduktion eines Wismutsalzes in ammoniakalischer Lösung unter Beihilfe von Ammoncitrat mit einem Zinnoxydulsalze in der Hitze. Auch dieses bildet eine braune kolloïdale Lösung. Ebenso das kolloïdale Kupfer, welches durch analoge Reduktion, aber in alkalischer Lösung, gewonnen werden konnte. Bei allen diesen durch Reduktion mit Zinnoxydulsalzen gewonnenen kolloïdalen Metallen waren nun auch nach öfterem Lösen in Wasser und Wiederausfällen mit einem geeigneten Salze noch immer beträchtliche Mengen von Zinn vorhanden. Dies hat seine Ursache darin, dass das Zinn als kolloïde Zinnsäure vorhanden ist. Es geht dies aus Analogie mit dem Cassiusschen Goldpurpur hervor, welcher auch durch Reduktion mit einem Zinnoxydulsalze gewonnen wird und dessen Zusammensetzung von Zsigmondy durch Mischen von kolloïdalen Lösungen des Goldes und der Zinnsäure und Ausfällung des Gemisches mit einem Elektrolyten, wobei ein vollkommener Goldpurpur entsteht, bewiesen worden ist. Ausserdem ist es dem Vortragenden gelungen, auch Silberlösungen unter Zuhilfenahme von Ammoncitrat mit Zinnoxydulsalzen zu reduzieren und zu einem zinnsäurehaltigen kolloïdalen Silber zu gelangen, ferner dieses Präparat mit all seinen Eigenschaften aus reinem kolloïdalen Silber und kolloïdaler Zinnsäure synthetisch darzustellen.

Der Vortragende ist der Ansicht, dass diese kolloïde Zinnsäure, da wohl reines kolloïdales Quecksilber, Wismut und Kupfer nicht existenzfähig oder doch sehr unbeständig sein dürften, bei diesen Präparaten dieselbe Funktion übernommen hat, wie beim kolloïdalen Silber Eiweiss oder Gelatine, sie macht die kolloïdalen Metalle beständiger und dadurch existenzfähig.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 9. Oktbr. 1899.)

R. Mollier (Dresden), Referat über die Daten, welche die Eigenschaften der Gase und Dämpfe bestimmen, insbesondere spezifische Wärme, latente Wärme und Dichte.

Zunächst hob der Vortragende hervor, dass recht häufig ein beträchtliches Missverhältnis zwischen der Genauigkeit, die der Techniker beansprucht, und der Genauigkeit der physikalischen Grundlagen besteht.

Betrachtet man zunächst die Dampfmaschine, so ist der Wirkungsgrad das Verhältnis der Arbeit, welche 1 kg Dampf wirklich leistet, zu derjenigen, welche es leisten könnte, wenn kein Verlust in der Maschine stattfände. Um diese letztere, die ideelle Arbeit der Dampfmaschine, zu finden, braucht man die Verdampfungswärme des Wassers. Hier weichen aber die von Regnault gegebenen Zahlen von den aus neueren Versuchen von Battelli erschlossenen und aus der van der Waalsschen Zustandsgleichung herausgerechneten um 3 Proz. ab; um so viel ist also die ideelle Arbeit der Dampfmaschine unsicher bestimmt, während die Unsicherheit bei Bestimmung der wirklichen Arbeit mit Hilfe eines Indikators einen so grossen Betrag durchaus nicht erreicht.

Bei den Heissdampfmaschinen tritt ein beständiger Übergang aus dem Sättigungszustand in den des ungesättigten Dampfes und umgekehrt ein. Die Formeln für diesen Prozess müssten also einen homogenen Übergang zwischen den beiden Zuständen liefern, was jedoch keineswegs der Fall ist. Hier werden von den Technikern also ganz bewusst aber gezwungenermassen erhebliche Fehler gemacht.

Noch schlimmer steht es mit dem kalorischen Verhalten des überhitzten Wasserdampfes. Um etwa die Entropie als Funktion von Druck und Temperatur zu bestimmen, müsste man vollständige Versuchsreihen über die Werte der spezifischen Wärme bei konstantem Druck innerhalb der ganzen in Betracht kommenden Temperaturintervalle haben. Indem man einfach den Regnaultschen Wert nimmt und konstant setzt, begeht man sicherlich Fehler von 4 Proz. und darüber.

Bei den Kältemaschinen ist es nicht besser. Alle modernen Kältemaschinen arbeiten mit Dampf, und zwar kommt sowohl überhitzter als gesättigter Dampf in Betracht. Die hauptsächlich vorkommenden Stoffe sind Ammoniak, Kohlensäure und schweflige Säure. Am wichtigsten von diesen dreien ist Ammoniak, über welchen physikalische Daten fast völlig fehlen, während bei Kohlensäure und schwefliger Säure einige Versuchsreihen existieren.

Ganz besonders bei der Theorie der Gasmaschinen und Petroleummaschinen fehlen der Technik feste physikalische Grundlagen. Es handelt sich da um die Verbrennungsprodukte, deren spezifische Wärme nach einigen physikalischen Angaben beträchtlich zunimmt, nach anderen jedoch bis 1600° konstant bleibt und erst in dem für die Technik unwichtigen Gebiet über 1600° veränderlich wird. Je nachdem man der Rechnung eine konstante oder eine veränderliche spezifische Wärme zu Grunde legt, erhält man Resultate, die um mehr als 30 Proz. voneinander abweichen.

(Keine bemerkenswerte Discussion.)

(Vom Vortragenden durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

REFERATE.



Überlastbarkeit.

Das American Institute of Electrical Engineers hat jüngst in Boston Normalbestimmungen für Generatoren, Motoren und Transformatoren angenommen. Im allgemeinen auf den heutigen Stand der elektrischen Industrie speciell in der Union auf die dortigen wirtschaftlichen Bedürfnisse und technischen Gepflogenheiten zugeschnitten, enthalten diese Bestimmungen doch auch Einzelheiten, die in anderen Ländern Beachtung finden werden.

Als Probe sei der Abschnitt „Überlastungskapazitäten" hergesetzt. Er ist entnommen aus einem im Electrician vom 8. September B. 53, No. 20, S. 704 gegebenen wenig gekürzten Abdrucke. Gerade die Überlastbarkeitsnormen könnten als Anhalt bei Unterrichtsversuchen vielleicht dem einen oder anderen nützlich sein.

Alle Garantien betreffs Erwärmung, Regulation, Funkengeben u. s. w. sollen sich auf normale Vollbelastung beziehen, ausser wo dies ausdrücklich anders angegeben ist und bei Wechselstromapparaten auf einen Strom in Phase mit der Klammenspannung, ausser wo Phasenverschiebung durch die Natur des Apparates selbst bedingt wird. Alle Apparate sollen eine angemessene Überlastung aushalten ohne Selbstzerstörung durch Erhitzung, Funken, Schwäche der mechanischen Teile u. s. w. und ohne eine Temperatursteigerung um mehr als 15° C. über die für Vollbelastungen vorgesehene Erwärmung. Gewährleistete Überlastungsfähigkeit ist auf normale Betriebsbedingungen hinsichtlich Geschwindigkeit, Frequenz, Spannung u. s. w. zu beziehen und auf nicht induktives Regime bei Wechselstrom, ausser wo eine Phasenverschiebung durch die Natur des Apparates bedingt ist.

Folgende „Überlastungskapacitäten" werden empfohlen:

1. Bei Gleichstrom und Wechselstromgeneratoren 25 Proz. für eine halbe Stunde.
2. Bei Gleichstrommotoren und Synchronmotoren 25 Proz. für eine halbe Stunde, 50 Proz. für eine Minute mit Ausnahme der Bahnmotoren und anderer für Dienst mit Unterbrechungen bestimmter Apparate.
3. Induktionsmotoren 25 Proz. für eine halbe Stunde, 50 Proz. für eine Minute.
4. Synchrone Umformer 50 Proz. für eine halbe Stunde.
5. Transformatoren 25 Proz. für eine halbe Stunde. Ausgenommen Transformatoren, die mit Apparaten verbunden sind, für die eine Überlastbarkeit gewährleistet ist, in welchem Falle für den Transformator dieselben Garantien gelten müssen wie für den mit ihm verbundenen Apparat.
6. Bei Erregermaschinen von Wechselstrom und anderen synchronen Maschinen muss die Überlastbarkeit 10 Proz. mehr betragen als nötig ist, um die Synchronmaschine zu ihrer garantierten Überlastungsgrenze bei gleicher Periode zu erregen.

BESPRECHUNGEN.

Traité de Nomographie par Maurice d'Ocagne. XIV und 480 Seiten. Paris, Gauthier-Villars, 1899.

In diesem Werke über den jüngsten Zweig der angewandten Mathematik, der besonders auch von dem Physiker volle Beachtung verdient, stellt der Verfasser, Ingenieur und Professor an der École des ponts et chaussées in Paris, die Resultate sowohl der Arbeiten anderer als auch besonders der von ihm selbst seit 1884 in zahlreichen Einzelabhandlungen niedergelegten Forschungen im Zusammenhange dar. Ich darf vorweg bemerken, dass ich ein ausführlicheres Referat über diesen Gegenstand in Kürze zu veröffentlichen gedenke, voraussichtlich in den Göttinger Gelehrten Anzeigen, so dass ich mich im folgenden beschränken möchte, kurz darzulegen, um was es sich hier überhaupt handelt, und dies an zwei ausgewählten Beispielen näher zu erläutern.

Bekannt sind die graphischen Rechenmethoden für die Auflösung von Gleichungen oder Gleichungssystemen, wie sie beispielsweise in der Graphischen Statik zu hoher Vollkommenheit ausgebildet sind. Hiermit nahe verwandt und doch davon verschieden ist die Nomographie. Während man dort in jedem einzelnen Falle eine geometrische Konstruktion ausführen muss, um die gesuchten Grössen, etwa als Strecken, zu erhalten, hat die Nomographie Methoden zur Konstruktion von Rechentafeln (abaques) ausgebildet. Eine einzelne solche Tafel, die einer bestimmten durch eine oder mehrere vorgegebene Gleichungen definierten Abhängigkeit zwischen veränderlichen Grössen entspricht, gestattet, nachdem sie einmal gezeichnet vorliegt, unmittelbar die Werte der abhängigen Variabeln aus ihnen zu entnehmen, wenn die unabhängigen irgend welche speciellen Werte erhalten. Die Nomographie will also einen Ersatz bieten für die Aufstellung von Tabellen, die besonders dann im allgemeinen recht umständlich sind, wenn es sich um Gleichungen zwischen mehr als 2 Variabeln handelt. Diese Rechentafeln bieten überdies oft denselben Vorteil, wie überhaupt eine graphische Darstellung einer Funktion, z. B. eine Temperaturkurve, was die Übersicht über den gesamten Verlauf betrifft.

Erstes Beispiel: Rechentafel mit Kurvenkreuzung (abaque à entrecroisement).

Ist p das in g angegebene Gewicht des in 1 cbm Luft von t^0 C. enthaltenen Wasserdampfes, dessen Spannkraft f mm ist, so besteht folgende Beziehung:

$$p = \frac{810 f}{760 + 2{,}78\, t}.$$

Die Spannkraft f ferner ist als eine empirisch nach der Tabelle von Regnault bestimmte Funktion der auf dem Hygrometer abgelesenen Kondensationstemperatur t' gegeben zu denken.

Mit x, y rechtwinklige Koordinaten bezeichnend, setzen wir jetzt:

$x = l_1 \cdot 810 f$,
$y = l_2 \cdot 2{,}78\, t$, wo l_1, l_2 gewisse „Moduln"

bezeichnen, über die wir noch frei verfügen können. Sie haben der Figur 1 entsprechend die Werte $l_1 = 0{,}0037$ mm und $l_2 = 0{,}43$ mm erhalten, so dass

$$x = 3 \text{ mm} \cdot f \text{ und } y = 1{,}2 \text{ mm} \cdot t \text{ ist}.$$

Durch Substitution dieser Werte in obige Gleichung ergiebt sich:

$$760 p + p \cdot \frac{y}{l_2} - \frac{x}{l_1} = 0.$$

Diese Gleichung stellt dem Parameter p entsprechend ein Büschel von Geraden, „Radianten", dar, die sämtlich durch den Punkt

$$x = 0,\ y = -l_2 \cdot 760 \text{ mm}$$

gehen.

In der Figur 1 (um 90° gedreht zu denken) sehen wir nun auf der Ordinatenachse die „Skala" (échelle) der Temperatur mit den Parallelen durch die Teilpunkte zur Abscissenachse, auf der oberen Begrenzungsgeraden die Werte von p, welche den einzelnen ausgezogenen „Radianten" entsprechen. Die noch eingezeichnete Begrenzungskurve (courbe de la tension maximum) stellt die zwischen den Werten f und t' bestehende Funktion graphisch dar, wobei wieder

$$x = 3 \text{ mm} \cdot f \text{ und } y = 1{,}2 \text{ mm} \cdot t'$$

gesetzt ist. Der Gebrauch dieser Tafel ist aus folgendem Zahlenbeispiel zu entnehmen. Es sei $t = 30^0$ und $t' = 16^0$ gegeben. Man gehe auf der Horizontalgeraden durch den mit 16° bezeichneten Ordinatenpunkt bis zum Schnittpunkt mit der Kurve, dann von diesem mit Hilfe eines in der Richtung der Abscissenachse beweglichen „Index", der in der Figur gestrichelt angedeutet ist, parallel zur Ordinatenachse nach oben bis zum Schnittpunkt mit der durch den Ordinatenpunkt 30° gehenden Horizontalgeraden. Die durch den letztgenannten Schnittpunkt gehende Radiante trägt als „Cote" den gesuchten Zahlwert $\gamma = 12{,}9\, g$. —

Zweites Beispiel: Kollineare Rechentafel (abaque à alignement).

Bezeichnet ε die in Millimeter angegebene Korrektion, welche von dem bei t^0 C. in Millimeter Quecksilber abgelesenen Barometerstande p abzuziehen ist, um letzteren auf 0° C. zu reduzieren, so gilt die Beziehung:

$$\varepsilon = 0{,}00016\, p t .$$

In der Figur 2 sind auf den mit (p), (ε) und (t) bezeichneten Geraden (deren erste beiden parallel sind) in bestimmter Weise die Skalen für die Veränderlichen p, ε, t aufgetragen und zwar so weit, als praktisch Werte für sie in Betracht kommen. Wie diese Skalen im einzelnen zu konstruieren sind, wollen wir hier nicht wiedergeben, da dies zu weit führen würde. Die Anwendung der erhaltenen, in der Figur in verkleinertem Massstabe dargestellten Rechentafel ist dann einfach folgende: Ist z. B. $p = 640$ mm und $t = 25^0$ gegeben, so verbinde man die entsprechend bezeichneten Punkte der Skalen (p) und (t) durch eine Gerade und lese an dem Schnittpunkte mit der dritten Skala (ε) die „Cote" $\varepsilon = 2{,}56$ mm ab, welche den gesuchten Wert darstellt. —

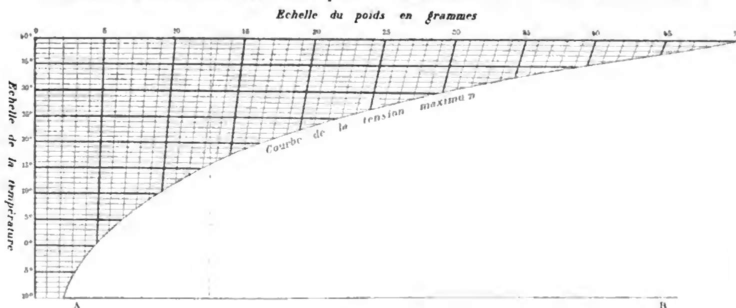


Fig. 1.

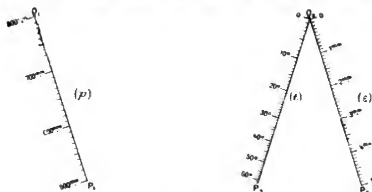


Fig. 2.

Ein Vorzug des Werkes ist es, dass überall die allgemeinen Betrachtungen durch zahlreiche specielle Beispiele erläutert werden. Diese gewähren vor allem auch einen Einblick in die überaus mannigfaltige Benutzung der entwickelten Methoden in allen Gebieten, auf die überhaupt die Mathematik Anwendung findet; wir nennen neben der Physik Ingenieurwesen, Nautik, Astronomie, Versicherungs- und Finanzwissenschaft, Geodäsie, Militärwesen u. s. w.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch auf eine kürzlich erschienene hierher gehörende Arbeit[1]) von Professor Mehmke in Stuttgart hinweisen, die besonders wegen ihrer historischen Bemerkungen Interesse verdient.

1) Beispiele graphischer Tafeln, mit Bemerkungen über die Methode der fluchtrechten Punkte, mit 3 Tafeln, Ztschr. für Math. und Physik, 44. Jahrgang, S. 56—62.

(Fr. Schilling.)

Personalien.

Professor Röntgen in Würzburg hat jetzt den Ruf als Nachfolger Professor von Lommels an die Universität München angenommen.

Berichtigungen.

In der Mitteilung II. der Herren St. Meyer und E. R. von Schweidler „Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde" Heft 10, S. 113 sind durch ein Versehen die Bezeichnungen Fig. 1 und Fig. 2 vertauscht.

In der Mitteilung von A. Sommerfeld „Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen" Heft 10, S. 111, 12. und 13. Zeile vom Schluss muss es $\mu\mu$ heissen statt μ.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. 23. December 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Bemerkung zur letzten Mitteilung der Herren Stefan Meyer und Egon v. Schweidler.[1])

Von J. Elster und H. Geitel.

In einer von den Herren St. Meyer und E. v. Schweidler in No. 10 dieser Zeitschrift veröffentlichten Mitteilung „Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde" sind ausser dem Namen des Entdeckers der magnetischen Ablenkung der Becquerelstrahlen, des Herrn F. Giesel in Braunschweig, auch die unsrigen genannt worden. Es könnte hiernach den Anschein haben, dass wir an dieser Entdeckung direkt beteiligt wären. Wir möchten bemerken, dass dies nicht der Fall ist, vielmehr sind die von uns in dieser Richtung angestellten Versuche so lange negativ ausgefallen, bis es Herrn Giesel gelang, nach Vervollkommnung der strahlenden Substanz die Erscheinung nachzuweisen und uns von ihrer Realität zu überzeugen.

Wolfenbüttel, den 8. Decbr. 1899.

(Eingegangen 9. Decbr. 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).

Nr. 5. Giovanni Telesca, Die von oscillatorischen Entladungen in Vakuumröhren verbrauchte Energie.

Das Verhalten von gasverdünnten Röhren gegen kontinuierliche und gegen oscillatorische Entladungen zeigt bemerkenswerte Unterschiede; giebt zum Beispiel die kontinuierliche Entladung einer Säule ein bestimmtes Spektrum, so erzeugt die oscillatorische Entladung eines Kondensators ein anderes Spektrum. Der elektrische Widerstand solcher Röhren ist viel grösser für die kontinuierlichen Entladungen als für oscillatorische, wie Trowbridge und Richard[2]) gezeigt haben.

Für ein gründlicheres Studium des Gegenstandes scheint besonders wichtig die Bestimmung der im einen und im anderen Falle vom Rohre absorbierten Energie.

Über die kontinuierlichen Gasentladungen giebt es wichtige Arbeiten. Dagegen fehlen solche von einigem Umfange und einiger Vollständigkeit über die Wärmeentwickelung in Vakuumröhren bei oscillierenden Entladungen.

Diese letztere Aufgabe habe ich für Röhren von nach und nach wachsendem Verdünnungsgrade in Angriff genommen und dabei das Potential, die Elektricitätsmenge, die Schwingungsdauer und die Dämpfung der Entladungen variieren lassen.

Der vorliegende erste Teil meiner Arbeit beschränkt sich auf das ziemlich komplexe Problem: wie verhält sich die durch die Entladung in Vakuumröhren entwickelte Wärme zu der Wärme, welche im gewöhnlichen Funken in Luft, und zu der, welche im metallischen Schliessungsbogen auftritt.

Ich benutzte bei den Untersuchungen folgende Anordnung.

Ein Kondensator (Flaschenbatterie), dessen Kapacität ich verändern konnte, entlud sich durch ein Funkenmikrometer, durch eine veränderliche metallische Spirale und durch ein gasverdünntes Rohr, das in ein Toluolkalorimeter besonderer Konstruktion eingeschlossen war.

Figur 1 zeigt dieses Kalorimeter. Das Vakuumrohr T befindet sich im Recipienten B, der mit Toluol gefüllt ist. Der obere Teil des Recipienten läuft mittels eingeschliffenen Stopfens in ein geteiltes Kapillarrohr aus, an dem die Bewegungen des Toluolfadens abgelesen werden können. Unten ist der Raum B durch einen Stopfen verschlossen. Durch den Stopfen gehen zunächst die Glasröhren C_1 C_2; sie enthalten die Drähte, welche die Kommunikation der Elektroden von T mit dem äusseren Stromkreise vermitteln. Das Rohr C_3 verbindet T mit einer Quecksilberpumpe. Der Glasstab b dient um das Toluolsäulenende an eine beliebige

1) Vgl. Heft 10, S. 113.
2) Phil. Mag. Ser. V. Bd. 43, S. 349.

Stelle der geteilten Kapillare führen zu können. Eine dünne Quecksilberschicht sichert die vollkommene Dichtigkeit des Stopfens. Das Ganze ist von einem Holzkasten *L* voll Watte umgeben.

Um die von den Entladungen in der Drahtspirale entwickelte Wärme zu messen, ist diese in ein aus genügend langem Glasrohre *T* (Figur 2) gebildetes Petroleumkalorimeter eingeschlossen. Die Austrittsstellen sind in das Glas eingeschmolzen. Am oberen Ende mündet seitlich ein Rohr, das mit einer geteilten Kapillare in Verbindung gesetzt werden kann. Da das ausgekochte Petroleum, welches die Hauptröhre

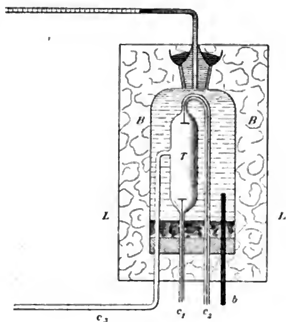


Fig. 1.

erfüllte, in dem Kapillarrohre schlecht floss, so goss ich in den unteren Teil des Rohres etwas Quecksilber. Dieses Quecksilber trennte das Petroleum des Gefässes *T* von dem gefärbten Alkohol, welcher als Indexflüssigkeit im geteilten Kapillarrohre diente. Rohr *T* war von einer Glasmanschette *M* umschlossen.

Zur Veränderung der Selbstinduktion des Schliessungskreises dienten fünf sonst ganz gleiche Kupferdrahtspiralen, die sich nur durch den Abstand ihrer Windungen unterschieden. Die Selbstinduktionskoefficienten waren beziehungsweise 1715, 1930, 2470, 4109 und 4780.

Die im Funken in Luft entwickelte Wärme wurde von einem Luftthermometer gemessen, das ganz ähnlich dem von Villari benutzten war.

Den Druck des verdünnten Gases im Rohre mass ich mit einem an die Pumpe angeschlossenen Mac-Leodschen Manometer.

Wie schon hervorgehoben, war mein Ziel, das Verhältnis der Angaben der drei Kalorimeter nicht nur in seiner Abhängigkeit von der Funkenschlagweite und vom Gasdrucke im Rohre zu studieren, sondern auch in seiner Abhängigkeit von der Schwingungsdauer der Oscillationen und ihrer Dämpfung.

Die Schwingungsdauern habe ich nach der Thomsonschen Formel berechnet. Ebenso das Dämpfungsverhältnis. Da ich kein Mittel hatte, den wahren Widerstandswert weder zu messen noch zu berechnen, so verfuhr ich bei den Versuchen zur Ermittelung des Einflusses der Dämpfung in der Weise, dass ich in einer Versuchsreihe immer den Verdünnungsgrad des Rohres, die Schlagweite und die Schwingungsdauer konstant hielt. Ich nahm an, dass unter diesen Umständen die Widerstandsänderungen im Rohre und in der Funkenstrecke in freier Luft nicht derart wären, um die Grössenordnung des Widerstandes zu verändern. Demgemäss

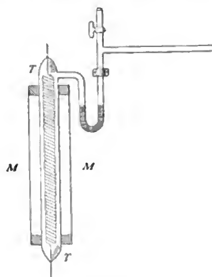


Fig. 2.

sind die von mir angegebenen Dämpfungswerte mit Korrektionszahlen multipliziert zu denken, die für jede einzelne Versuchsreihe nahezu konstant sind.

Ich verzichte auf eine Wiedergabe der aus meinen Versuchen folgenden Einzeldaten und beschränke mich darauf, die Reihenfolge der Experimente und die gewonnenen Hauptresultate mitzuteilen.

a) Zunächst untersuchte ich, wie sich die drei Verhältnisse zwischen den Wärmemengen C_t, C_a, C_f, die von der Entladung im Vakuumrohr, in der Atmosphärendruck-luftfunkenstrecke und im Drahte entwickelt werden, bei konstant gehaltenen übrigen Bedingungen mit der Verdünnung im Rohre ändern.

Die Versuche ergaben, dass der Quotient $\frac{C_t}{C_a}$ mit abnehmendem Drucke abnimmt.

Bei einer Kapacität von 0,016 Mikrofarad, 3 mm Schlagweite und 1930 cm Selbstinduktion z. B. ergab sich das Verhältnis bei 4,67 mm Quecksilber doppelt so gross als bei 0,90 und dreimal so gross als bei 0,4 mm Druck.

Ebenso nimmt das Verhältnis der im Rohre und der im Funken entwickelten Wärme zu der Wärme im metallischen Schliessungskreise ab, wenn die Verdunnung im Rohre steigt.

b) Weiter wurde die Funkenstrecke verändert, während die anderen Umstände festblieben.

Geht man beispielsweise in einer der Versuchsserien von der Schlagweite von etwa 1 mm zu der von etwa 3 mm über, so fällt der Wert $\frac{C_t}{C_a}$ von 1,33 auf 0,22.

Ebenso nimmt das Verhältnis $\frac{C_t}{C_p}$ bei steigender Funkenlänge ab und zwar von einem grössten Werte 3,20 bei 1 mm Schlagweite zu 1,14 bei 3 mm Funkenlänge.

Der Wert $\frac{C_a}{C_p}$ umgekehrt wächst von 2,40 bei 1 mm auf 5,25 bei 5 mm.

c) Zur Veränderung der Schwingungsdauer wurde entweder bei konstant gehaltener Kapacität die Selbstinduktion schrittweise vergrössert, oder die Kapacität wurde beträchtlich vermehrt, während die Selbstinduktion unverändert blieb. In beiden Fällen fand ich das Verhältnis $\frac{C_t}{C_a}$ abnehmen, wenn die Oscillationsperiode wuchs; ebenso nahmen die anderen beiden Quotienten $\frac{C_t}{C_p}$ und $\frac{C_a}{C_p}$ ab.

d) Bei den obengenannten Versuchen liess ich zugleich mit der Schwingungsdauer auch das Dekrement der Entladungen variieren. Es wurde dabei so verfahren, dass entweder bei fester Oscillationsperiode nur die Dämpfung verändert werden konnte, oder aber die Schwingungsdauer wurde verändert bei konstant gehaltener Dämpfung.

In einer Versuchsreihe z. B. betrug die Schwingungsdauer konstant $0{,}0_3 37$ Sekunde. Die Verhältnisse $\frac{C_t}{C_a}$, $\frac{C_t}{C_p}$, $\frac{C_a}{C_p}$ hatten bei der Dämpfung 0,0114 k die respektiven Werthe 0,29, 0,92, 3,14 und gingen für die Dämpfung 0,0039 k in 0,15, 0,38, 2,58 über.

Bei einer anderen Versuchsserie, wo die Dämpfung konstant = 0,0024 k gehalten und die Schwingungsdauer von $0{,}0_3 18$ bis $0{,}0_3 62$ Sekunde verändert wurde, nahmen die Werte für $\frac{C_t}{C_a}$, $\frac{C_t}{C_p}$, $\frac{C_a}{C_p}$ von 0,13, 0,58, 4,43 auf 0,11, 0,32, 2,86 ab.

Zusammenfassend können wir schliessen:

1. Das Verhältnis $\frac{C_t}{C_a}$ nimmt ab, wenn (bei konstant gehaltenen übrigen Bedingungen) die Verdünnung im Entladungsrohre steigt, wenn die Schlagweite des Funkens in der Luft grösser wird, wenn Schwingungsdauer und Dämpfung wachsen.
2. Ebenso nimmt unter gleichbleibenden sonstigen Bedingungen $\frac{C_t}{C_p}$ ab, beim Ansteigen von Verdünnungsgrad, Schlagweite, Kapacität, Dämpfungsverhältnis und Schwingungsdauer.
3. Der Quotient $\frac{C_a}{C_p}$ nimmt ab, wenn Verdünnung, Selbstinduktion, Kapacität, Dämpfung und Schwingungsdauer wachsen, steigt dagegen beim Grösserwerden der Schlagweite.

(Eingegangen 12. Decbr. 1899.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von Th. Des Coudres.)

UNTERRICHTSWESEN.

Das neue physikalische Institut der Universität Giessen.

Von W. Wien.

(Hierzu eine Tafel.)

Das neue physikalische Institut der Universität Giessen ist im Herbst 1899 dem Betriebe übergeben. Das Gebäude ist in Sockelhöhe mit Lindorfer Basaltlava, im übrigen mit roten Blendziegeln verkleidet, die Architekturteile bestehen aus grauem Sandstein.

Das mansardenförmige Dach ist in seinen geneigten Flächen geschiefert, oben mit Holzcement abgedeckt. Das hierdurch entstehende grosse Plateau kann für Versuche im Freien benutzt werden.

Mit Ausnahme der hölzernen Decken über dem Obergeschoss und denjenigen im eisenfreien Flügel sind die Zwischendecken aus Stampfbeton zwischen Eisenträgern hergestellt.

Der Raum für konstante Temperatur im Sockelgeschoss des eisenfreien Flügels wurde mit einem Betongewölbe, in welches Zuganker aus Deltametall eingelegt sind, überdeckt. Die Decke über dem Raume für magnetische Versuche ist aus Holzbalken unter Vermeidung von Eisenklammern hergestellt und als Holzkassettendecke ausgebildet.

Die vier steinernen Festplatten werden durch besondere Balken, welche mit der sonstigen Decke keine Berührung haben, getragen,

Beim inneren Ausbau dieses Flügels wurde ebenfalls alles Eisen vermieden und durch Kupfer oder Messing ersetzt.

Als Bodenbelag wurde teils Linoleum, teils Buchenparkett in Asphalt gewählt, letzteres wo eine grössere Abnutzung zu erwarten war. Die Korridore im Sockelgeschoss haben Asphalt-, diejenigen in den Hauptgeschossen Terrazzobelag.

Die Fenster haben durchweg einen unteren, circa 50 cm über Brüstung liegenden Kämpfer, so dass das Öffnen der Hauptflügel die vor den Fenstern liegenden Arbeitsplätze nicht stört. Die unteren kleinen Flügel sind zum Teil je nach Bedürfnis mit Matt- oder Spiegelglas versehen. Einige Räume haben Doppelfenster, einige einfache mit doppelter Verglasung.

Die Anstriche sind in hellen Tönen gehalten, die unteren Wandflächen sind in Ölfarbe, die Decken und oberen Wandflächen in Leimfarbe gestrichen.

Die aus Pitchpine und Yellowpine gefertigten Möbel sind nur geölt und lackiert.

Zur Erwärmung des Gebäudes, mit Ausnahme der mit Lokalheizung versehenen Assistenten- und Dienerwohnungen, dient eine Niederdruck-Dampfheizung („Wasserdunst"-System von Käuffer & Co.). Es sind zwei Kessel, deren einer als Reserve dient, aufgestellt. Die Heizung erfolgt in den Korridoren durch freistehende Elementheizkörper, in den Arbeitsräumen durch verkleidete Schlangen. Diese stehen in Wandnischen, in welche die zur Lüftung dienende frische Luft aus Mauerkanälen ausmündet und aus welchen sie dann erwärmt ins Zimmer tritt. Die Heiznischen stehen unten mit der Zimmerluft in Verbindung, so dass gleichzeitig für Luftcirkulation gesorgt ist. Für den Abgang der Luft befinden sich in den niedrigeren Räumen des Sockel- und Erdgeschosses nur über dem Fussboden, in den höheren Räumen des Obergeschosses ausserdem noch unter der Decke Abluftklappen.



Fig. 1.

Die dem grossen Hörsaale zuzuführende frische Luft wird an Heizkörpern, welche unter dem Sitzpodium aufgestellt sind, erwärmt, strömt in Mauerkanälen hoch und mündet unter der Decke in den Saal. Die Abluftöffnungen liegen etwa in halber Höhe der Wände. Durchbrechungen der Setzstufen des Podiums ermöglichen auch hier eine Luftcirkulation.

Bezüglich der Installationen sei nur erwähnt, dass sämtliche Rohre offen und möglichst leicht zugänglich verlegt wurden. Die Strasseneinfriedigung wurde mit Rücksicht auf magnetische Versuche, welche im hinteren Hofe vorgenommen werden sollen, in der Nähe dieses Gebietes nicht aus Eisen, sondern aus Holz und Stein hergestellt.

Die Maschinen.

Die Betriebsmaschine ist ein Gasmotor der Deutzer Gasmotorenfabrik von 16 P.-S. Diese treibt eine Nebenschlussdynamo der A. E.-G. in Berlin von 72 Volt mittlerer Spannung, welche den Strom für das physikalische und das physikalisch-chemische Institut zu liefern hat. In demselben Raume befindet sich ein Gleichstrom-Transformator, der den Strom auf eine Spannung von 25 Volt herabbringen kann zum Laden der 8zelligen Versuchsbatterie. Durch die Leitungen *a* (Fig. 2) kommt der Strom von 100 Ampere und 70 Volt von der Dynamo und treibt den Motor *A*, der eine Gegenspannung von 45 Volt entwickelt. Die im Motor *A* verzehrte Energie wird dazu verbraucht, um im zweiten Motor *B* eine Spannung von 25 Volt bei 100 Ampere Strom zu entwickeln. In der Leitung *b* erhält man daher einen Strom von 200 Ampere und 25 Volt.

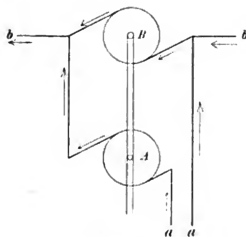


Fig. 2.

Die beiden Motoren *A* und *B* sind durch einen Riemen gekoppelt. *A* trägt noch eine zweite Riemenscheibe, die dazu dient, den Kompressor einer Lindeschen Luftverflüssigungsmaschine zu treiben. In diesem Falle muss der Motor *B* leer mitlaufen.

Der Kompressor der Lindeschen Maschine besteht aus zwei Cylindern, von denen der eine von 1 Atm. auf 16, der andere von 16 auf 200 Atm. presst. Der Kompressor kann auch mit einem an der Decke des Maschinenraumes befestigten Kessel verbunden werden, der bis 12 Atm. Druckluft aufzunehmen vermag. Diese Pressluft hat eine direkte Leitung bis zum grossen Hörsaal.

An den Maschinenraum grenzt unmittelbar die Werkstatt, in der zwei Drehbänke, ein Schleifstein u. s. w. durch Transmission von einem 1pferdigen Elektromotor getrieben werden.

Neben der Werkstatt befindet sich noch ein kleiner Raum, in welchem ein 3pferdiger Elektromotor aufgestellt ist. Vermittelst einer Transmission treibt dieser entweder eine Luftpumpe, deren Saugleitung in den grossen Hörsaal führt, oder eine Drehstrommaschine von 50 Polwechseln und 120 Volt Spannung zwischen zwei Leitern, deren Strom an das Schaltbrett des grossen Experimentierzimmers führt. Von hier aus kann der Wechselstrom in den grossen Hörsaal und die verschiedenen Zimmer geleitet werden.

Die Accumulatoren.

Dem physikalischen und physikalisch-chemischen Institut gemeinsam ist die Accumulatorenbatterie von 37 Zellen und 500 Amperestunden Kapacität und 180 Ampere Entladungsstrom. Der Strom geht von ihr zu einer Verteilungstafel, von wo aus die verschiedenen Leitungsnetze gespeist werden. Ausser dem Beleuchtungsnetz gehen noch 3 Leitungen für stärkeren Strom in verschiedene Räume.

Ferner geht von ihr Strom zum Gleichstromtransformator, um auf eine Spannung von 25 Volt zum Laden einer Versuchsbatterie von 8 Accumulatoren herabzugehen, dann zu einem Ladeschaltbrett für eine Accumulatorenbatterie von 36 Zellen und schliesslich ins elektro-chemische Institut und ins Universitätsgebäude zu Beleuchtungszwecken.

Von den beiden eben erwähnten Versuchsbatterien hat die von 8 Zellen (System Pollak) eine Entladungsstromstärke von 500 Ampere und eine Kapacität von 1000 Amperestunden.

Die Batterie ist zunächst so angeordnet, dass je 4 Zellen hintereinander geschaltet sind und vier starke Kupferschienen den Strom der beiden Gruppen an das Verteilungsschaltbrett und dann durch das grosse Experimentierzimmer in den grossen Hörsaal führen. Dort kann man also dieser Leitung einen Strom von 1000 Ampere und 8 Volt Spannung entnehmen.

Im Maschinenraum befindet sich ausser dem für Lichtbatterie notwendigen gewöhnlichen Schaltbrett mit Zellenschalter noch das grosse Verteilungsschaltbrett des physikalischen Instituts. Hier befindet sich zunächst der Hebel, um die beiden Gruppen der 8zelligen Batterie hintereinanderschalten zu können (vgl. Fig. 3). Am Verteilungsschaltbrette münden ausser den Starkstromleitungen a_1 und *b* noch die beiden Leitungen a_1, so dass man nach Schliessung des Hebels *h* die drei verschiedenen Spannungen 4, 2 und 10 Volt hat. Diese werden durch vier Leitungen in die meisten Arbeitsräume geleitet, wo man über sie immer ohne weitere Umschaltung verfügt.

Die zweite Versuchsbatterie (Accum.-Aktien-Ges. Hagen i. W.) von 36 Zellen ist in 11 Gruppen geteilt. Ihr Entladestrom beträgt 32 Ampere. Von diesen enthalten 5 je 6 hinter-

einander geschaltete Zellen, während die übrigbleibenden 6 Zellen einzeln an das Verteilungsschaltbrett geleitet sind. Die Leitungen dieser 11 Gruppen gehen ausserdem noch zu einem Schaltbrett im grossen Experimentierzimmer und zu einem dritten im grossen Hörsaal.

Am Verteilungsschaltbrett im Maschinenraum enden sie an Klötzen, von denen aus sie in beliebigen Kombinationen mittels Schnurstöpsel mit einer Anzahl Zimmerleitungen, die bis in den Maschinenraum geführt sind, verbunden werden können. An den beiden anderen Schaltbrettern werden sie durch zwei Kurbeln, von denen die eine die 6 Einzelzellen, die andere die 5 Gruppen zu 6 Zellen nacheinander hinzuzuschalten erlaubt, auf zwei Klötze geführt,

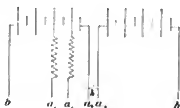


Fig 3.

von wo aus sie dann wieder mit Schnurstöpseln auf eine andere Zimmerleitung oder Rundleitung weitergeführt werden. Diese Leitungen sind durchweg verseilt.

Von der 8zelligen Batterie aus kann ebenfalls durch Stöpselung am Verteilungsschaltbrett die aus zweimal je 4 Accumulatoren bestehende Batterie, welche zum Betriebe der Uhren und Klingeln dient, geladen werden.

Die Accumulatoren sind in einem durch Gipswände vom Maschinenraum getrennten Raum mit einer Zwischendecke untergebracht, die Lichtbatterie im unteren Raum, die beiden Versuchsbatterien darüber.

Die Beleuchtung ist im ganzen Gebäude mit Ausnahme der Hörsäle elektrisches Glühlicht.

Der grosse Hörsaal.

Der grosse Hörsaal hat eine Länge von 11,50 m, eine Breite von 9,30 m und eine Höhe von 7,75 m und 120 Sitzplätze. Er empfängt sein Licht von oben und durch drei grosse Seitenfenster. An nicht zu dunkeln Tagen genügt das Oberlicht allein um den Saal zu erhellen. Die Sitzreihen sind gerade und steigen nach hinten im zunehmenden Verhältnis an. Die Sitze selbst sind Klappsitze. Der Eingang für die Zuhörer befindet sich an der Hinterwand und führt aus dem Garderobezimmer auf das Podium, von wo aus man zu den Sitzreihen hinabsteigt. Der Raum zum Experimentieren hat eine Breite von 4 m.

Über diesem Raume befinden sich eine Anzahl Klappen, um Flaschenzüge, Pendel und dergl. von oben herunterlassen zu können, und an halber Höhe der Wand ein Balkon, von wo aus ebenfalls an eine über Träger gelegte Eisenstange verschiedene Gegenstände gehängt werden können.

Die Verdunkelung wird durch drei Kurbeln vermittelst lichtdichten Filztuches bewerkstelligt. Beim Oberlicht legt sich das Tuch, von einer Rolle abrollend, die über das Oberlicht fortgezogen wird, auf die Fenster. Die den Fenstern gegenüberliegende Seitenwand ist zum Aufhängen von Karten und Tabellen eingerichtet.

Die Projektion geschieht entweder von dem hinter den Sitzreihen befindlichen Podium auf einen grossen Schirm von 6 m Höhe und 5 m Breite, oder vom Experimentierraum aus mit Hilfe eines Hohlspiegels aus Spiegelmetall schräg nach oben auf einen am Balkon befestigten Projektionsschirm von 2 m Höhe und 2 m Breite, der vom Balkon aus verschieden geneigt werden kann. Der Experimentiertisch besteht aus zwei mit Schubladen versehenen Tischen von 1,20 m Länge und 0,8 m Breite, die durch eine abnehmbare Platte von 1,20 m Länge verbunden werden. Um den Experimentiertisch herum läuft eine Gasleitung mit 8 Auslässen, eine Leitung für Saugluft und eine für Niederdruckpressluft mit je 4 Auslässen, ferner 3 verseilte elektrische Leitungen, die zum Schaltbrett führen. Ferner befinden sich am Experimentiertisch 2 Wasserbecken mit Wasserzufluss, von denen die eine durch Verbindung mit einer Dampfleitung auch Dampf oder heisses Wasser geben kann.

Der Experimentiertisch steht auf Rollen, sämtliche Leitungen können abgeschraubt werden, so dass eine vollständige Entfernung des Experimentiertisches möglich ist.

Vor dem Experimentiertische befinden sich im Fussboden noch eine Anzahl Klappen, unter denen die Starkstromleitung, ein sehr weites Abflussrohr für Wasser und Auslässe für Wasser, Gas, Saugluft, Hoch- und Niederdruckpressluft angebracht sind.

Die Absperrventile dieser Leitungen liegen unter dem Fussboden zwischen dem Experimentiertische und der Wand.

Am Schaltbrett hat man die Lichtbatterie, die 36zellige Versuchsbatterie, die sich gruppenweise einschalten lässt, und eine Verbindung mit dem grossen Experimentierzimmer, von wo aus man Wechselstrom bekommen kann, zur Verfügung. Mittels Schnurstöpsel lassen sich diese Stromquellen mit 3 Rundleitungen verbinden, die nach dem Experimentiertische und an verschiedene Stellen des Experimentierraumes führen. An derselben Wand befindet sich ein grosser Widerstand für Ströme bis 40 Ampere von 11 Ohm Gesamtwiderstand, ausserdem 1 Voltmeter, 1 Amperemeter, 2 Mano-

meter, eins für Saugluft, eins für Hochdruckpressluft, ferner 2 Zeigergalvanometer, das eine mit kleinem, das andere mit grösserem inneren Widerstand, deren Zuleitungen ebenfalls zum Schaltbrett fuhren.

Schliesslich befinden sich noch im grossen Hörsaal ein Haustelephon, ein lautsprechendes Telephon für Demonstrationsversuche und ein kleiner Warmwasserapparat.

Auf einer Konsole zwischen den Seitenfenstern findet ein Du Bois-Rubenssches, mit Hohlspiegel versehenes, empfindliches Galvanometer dauernde Aufstellung. An der Konsole ist ein beweglicher Arm angebracht, auf dem eine Glühlampe mit geradem Kohlefaden befestigt ist. Das Bild dieses Kohlefadens wird auf eine an der Wand befestigte Skala geworfen.

Für die Beleuchtung des grossen Saales sind 4 Bogenlampen, die mit ihren Zuleitungen an Flaschenzügen hängen, vorhanden. Sie können einzeln von einer Stelle aus angelassen werden. Ausserdem hat die Tafel noch eine Beleuchtung von 4 Glühlampen, und am Podium ist eine Glühlampe angebracht, deren Licht noch besonders abgeschwächt werden kann.

Hinter den Tafeln des grossen Hörsaales befindet sich ein Abdampfschrank, der auf der anderen Seite durch ein Schiebefenster und ausserdem durch einen Rollvorhang von Filztuch lichtdicht abgeschlossen werden kann. Von hier aus soll auch das Sonnenlicht in den grossen Hörsaal geleitet werden. In diesem Falle wird vor den Abdampfschrank im Nebenzimmer ein Vorsetzbrett gelegt, das mit dem Spalt zum Durchlassen des Sonnenlichtes versehen ist. Der Filztuchvorhang wird dann bis auf dieses Brett herabgelassen.

Im Nebenzimmer des grossen Hörsaales steht die als Dampfkessel benutzte Dampfelektrisiermaschine, welche durch Gasfeuerung in einer Stunde bis zur Bildung von Dampf über 1 Atm. geheizt werden kann. Sie ist mit Vorwärmer und Speisepumpe versehen. Von ihr aus geht die Dampfleitung zum grossen Hörsaal. Ferner steht hier das Gasometer von 800 Liter Inhalt, das mit Wasserballast versehen werden kann, um Niederdruckpressluft herzustellen. Gefüllt wird das Gasometer aus der Hochdruckleitung. Das bei der Füllung hinaufgehende Gasometergefäss trägt oben ein Abblaseventil, welches sich durch Anstossen an eine Eisenschiene öffnet, wenn das Gasometer gefüllt ist. Ausserdem stehen in diesem Zimmer drei Vakuumkessel, welche mit der Saugleitung verbunden sind und durch besondere Ventile abgesperrt werden können. In diesen Kesseln kann man also immer schon Vakuum zur Verfügung haben.

Der Turm.

Der in der Mitte des Gebäudes befindliche Turm von 4,90 m innerer Seitenlänge und 24 m Höhe soll den Zweck haben, freie, vertikale Höhen fur Versuchszwecke zur Verfügung zu stellen. In den Fussböden jeder Etage sind daher 6 Klappen angebracht.

Im Turm führt eine feuersicher umschlossene Wendeltreppe von unten nach oben. Dauernd aufgehängt und durch Öffnungen in den Klappen geführt sind zwei Kupferdrähte und zwei Eisendrähte, welche dazu dienen, die Ausdehnungselasticität an möglichst langen Drähten zu bestimmen. Je ein Draht dient immer zur Kontrolle der Temperaturschwankungen. Für gewöhnlich werden die Turmzimmer des Erdgeschosses und des Obergeschosses als Arbeitszimmer benutzt, eins der oberen Zimmer soll für geodätische Messungen gebraucht werden.

Die Plattform des Turmes kann ebenfalls zu astronomischen Beobachtungen verwendet werden. Für mögliche Versuchszwecke ist Wasser, Gas und elektrisches Licht bis oben hin geleitet worden.

Die Arbeitsräume.

Das grosse Experimentierzimmer, das unter dem grossen Hörsaal und über dem Maschinenraum liegt, ist derjenige Raum, wo man Experimente, die besondere Ansprüche an starke Hilfsmittel stellen, ausführen kann. Ausser der Licht- und Versuchsbatterie steht hier die zum grossen Hörsaal führende Starkstromleitung mit 1000 Ampere zur Verfügung. Ferner Drehstrom von 2,1 Kilowatt. Ausserdem sind Anschlüsse an die Saugleitung und die Leitung für Hochdruckpressluft, sowie besonders starke Gasrohre vorgesehen. Hier findet auch der Hochspannungstransformator, der den Wechselstrom von 120 Volt auf 30000 Volt transformiert, seine Aufstellung. Doch ist derselbe auf einem fahrbaren Gestell montiert, so dass er mit Hilfe eines Aufzugs in verschiedene andere Räume und auch in den grossen Hörsaal gebracht werden kann. Ferner soll in diesem Zimmer eine Hochspannungsdynamo von 3000 Volt Spannung und 2 Kilowatt Leistung Aufstellung finden.

Das Zimmer kann vollständig verdunkelt werden. Eine Thür führt auf einen Balkon, von wo aus durch Heliostaten bequem Sonnenlicht in das Zimmer geleitet werden kann.

Im Sockelgeschoss befindet sich der Arbeitsraum fur konstante Temperatur. Die Mauern haben eine Luftisolierschicht von 7 cm Dicke.

In diesem Raume steht ein besonders fundamentierter Pfeiler, der von der Decke isoliert in das darüber befindliche Präcisionszimmer führt. In dem Raume für konstante Temperatur

ist der Pfeiler durchbrochen, um auch hier Raum zur Aufstellung von Apparaten zu finden. Ferner steht hier die Centraluhr, welche durch Sekundenkontakt 3 Minuten- und 4 Sekunden-Uhren und 5 Klopfer treibt.

Die Minuten-Uhren haben eine besondere Batterie von 4 Accumulatoren. Ein besonderer Stromkreis führt zum Schaltbrett im Maschinenraum, so dass durch einfache Stöpselung die Accumulatoren durch die Versuchsbatterie geladen werden können. Eine zweite Batterie von 4 Accumulatoren, die in derselben Weise montiert ist, treibt die Sekunden-Uhren, Klopfer und Klingeln.

Der Raum für konstante Temperatur ist ebenso wie die darüber liegenden Zimmer der beiden Stockwerke eisenfrei gehalten.

Im Erdgeschoss befindet sich ausser dem grossen Experimentierzimmer an Arbeitsräumen das optische Zimmer neben dem kleinen Hörsaal. In diesem ist eine Dunkelkammer für Photographie durch einen Bretterverschlag abgetrennt, die für sich vollkommen lichtdicht ist und durch doppelte Thüren verschlossen wird. Für die Verdunkelung sind Filztuchrollvorhänge, die vor der elektrischen Lampe auf Undurchdringlichkeit gegen Licht geprüft sind, vorgesehen. Um Sonnenlicht benutzen zu können, ist an dem Fenster eine Schiebebrüstung angebracht, welche die zum Hereinlassen des Sonnenlichtes erforderliche Öffnung enthält. Die Brüstung ist durch Gegengewichte ausbalanciert. Für den Wandanstrich ist eine mattschwarze Farbe gewählt.

Gegenüber dem optischen befindet sich das chemische Zimmer. In diesem befinden sich die Vorräte an Chemikalien und eine Anzahl von Arbeitsplätzen für chemische Arbeiten, ferner ein Muffelofen, ein Quecksilberreinigungsapparat und verschiedene andere Hilfsmittel. Der kleine Hörsaal enthält 35 Sitzplätze. Die indirekte Beleuchtung geschieht durch eine Bogenlampe. Am Experimentiertische steht Gas, Wasser und Strom aller Batterien zur Verfügung.

Das in demselben Geschosse befindliche Direktorzimmer, das auch verdunkelt werden kann, sowie die Bibliothek sind so eingerichtet, dass sie auch für wissenschaftliche Arbeiten benutzt werden können.

Das über dem Raume für konstante Temperatur liegende Präcisionszimmer soll alle besonders feinen Messapparate enthalten. Hier befindet sich ein Normalbarometer, ein Fuesssches Kathetometer und ein Du Bois-Rubenssches Galvanometer dauernd aufgestellt. Dies dient in erster Linie dazu, genaue Widerstandsbestimmungen mit Hilfe der Siemensschen Rheostatenschaltung für Widerstandsmessung und Strom oder Spannungsmessungen mit dem Rapsschen Kompensationsapparat zu machen. Diese Apparate finden dort ihre dauernde Aufstellung und es ist deshalb für solche Messungen keine jedesmalige Einrichtung der Kombination erforderlich.

Schliesslich befinden sich noch in diesem Stockwerk ein Arbeitszimmer für Vorgeschrittene und ein Assistentenzimmer.

Im zweiten Stock liegen die Zimmer für das Anfängerpraktikum. Diese bestehen aus drei Zimmern: ein optisches mit Verdunkelungseinrichtungen, ein elektromagnetisches und eins für Arbeiten auf dem Gebiete der Wärme und Mechanik. Daneben liegt ein Arbeitszimmer für den Assistenten. An das Turmzimmer schliesst sich der Raum für die Sammlung an. Dann folgt das Vorbereitungszimmer, der grosse Hörsaal und unter der Garderobe ein Raum, der für das Praktikum für Mediziner bestimmt ist.

Das Institut kann im Anfängerpraktikum etwa 20 bis 25 bei Hinzuziehung der Gänge, selbständige Praktikanten etwa 8 bis 10 bequem aufnehmen. Die Einrichtungen sind so getroffen, dass für physikalische Arbeiten jeder Art, die überhaupt in physikalischen Laboratorien vorgenommen werden können, die Hilfsmittel vorhanden sind.

Personalien.

Der Docent für Elektrochemie am Polytechnikum zu Karlsruhe Dr. Hans Luggin ist am 5. December in Klagenfurt gestorben.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Professor Dr. Friedrich Kohlrausch zu Charlottenburg, wurde zum ordentlichen Honorar-Professor an der Universität Berlin ernannt.

Privatdocent Dr. Stobbe, Assistent am ersten chemischen Laboratorium der Universität Leipzig, ist zum ausserordentlichen Professor in der philosophischen Fakultät ernannt worden. — Dr. phil. Robert Luther, Assistent am physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig, hat sich dortselbst für physikalische und anorganische Chemie habilitiert.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 14. 6. Januar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Ionentheorie der Metalle.

Von P. Drude.

Giese[1]) hat wohl zuerst die Anschauung ausgesprochen, dass die Elektricitätsleitung auch in Metallen an Ionen geknüpft sei. Es ist nun interessant, dass diese Anschauung auch zu einer einfachen und widerspruchsfreien Erklärung der optischen Eigenschaften der Metalle führt, während andere Versuche, eine theoretische Kontinuität der optischen Eigenschaften der Metalle mit den elektrischen Eigenschaften derselben herzustellen, bisher nicht völlig erfolgreich gewesen sind; man war mindestens zu komplizierten Annahmen gezwungen.[2])

Da bei den Metallen ein sichtbarer Massentransport fehlt, so nimmt Giese an, dass die Ionen nur auf einer sehr kleinen Weglänge den elektrischen Strom als reinen Konvektionsstrom führen, dass sie dann aber ihre Ladungen an anstossende Ionen abgeben. Wenn wir nun von diesen vielleicht nur sehr kurz dauernden Vorgängen eines Elektricitätstransportes ohne Mitbewegung einer Masse absehen, und wenn wir die Masse aller Ionen, welche ihre Ladung durch Berührung übertragen können, als gleich annehmen, so können wir einen unter der Wirkung einer konstanten elektrischen Kraft eintretenden Strom in einem Metalle doch schliesslich auffassen, als ob Ionen einer bestimmten Masse m und unveränderlichen Ladung e mit einer im Mittel konstanten Geschwindigkeit wanderten, die proportional sein muss zu der den Strom treibenden elektrischen Kraft und zu der Ladung e des Ions. Es möge die Anzahl dieser Ionen in der Volumeneinheit mit $\mathfrak{N}$ bezeichnet werden. Es müssen mehrere, mindestens zwei Ionengattungen vorhanden sein; falls nämlich keine Stelle freie Ladung enthält, muss sein

$$\Sigma\,\mathfrak{N}e = 0. \qquad (1)$$

Fassen wir nun zunächst wieder nur eine Ionengattung ins Auge, bezeichnen mit ξ, η, ζ die Komponenten der Entfernung eines Ions aus der Ruhelage, so ist also für eine konstante elektrische Kraft X zu setzen:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = veX. \qquad (2)$$

Wir können die Gleichung (2) in bekannter Weise so interpretieren, dass unter der Wirkung einer mit $\frac{\partial \xi}{\partial t}$ proportionalen Reibungskraft das Ion eine konstante Geschwindigkeit annimmt, falls X dauernd konstant ist. Wenn nun X im Laufe der Zeit sich ändert, so ist demgemäss die Bewegungsgleichung des Ions:

$$m\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = eX - \frac{1}{v}\frac{\partial \xi}{\partial t} \qquad (3)$$

Die Grösse $1/v$ wollen wir die Reibung des Ions nennen, v könnte seine Beweglichkeit heissen. v ist die Geschwindigkeit, welche das Ion annimmt, falls fortdauernd die Krafteinheit (1 Dyne) auf dasselbe wirkt.

Würde man die Annahme einführen, dass das Ion auch mit einer zu ξ proportionalen Kraft in die Ruhelage zurückgetrieben wird, so würde die Bewegungsgleichung lauten:

$$m\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = eX - \frac{1}{v}\frac{\partial \xi}{\partial t} - p\xi. \qquad (4)$$

Dies ist ja der bekannte Ansatz, den man zur Erklärung der optischen Eigenschaften von Isolatoren machen kann. In der That erhält man in diesem Falle, dass für ein konstantes X das Ion sich nur um ein endliches Stück ξ verschiebt. Wenn es also auf diesem Wege kein Ion trifft, an das es seine Ladung abgeben kann, so kann auch ein konstantes X keinen dauernden

1) W. Giese, Wied. Ann. 37, S. 576, 1889.
2) Vgl. darüber P. Drude, Physik des Aethers, S. 562 bis 571.

Strom hervorrufen. Wir wollen daher Ionen, für welche die Bewegungsgleichung (4) gilt, isolierende Ionen nennen, dagegen Ionen, welche der Gleichung (3) gehorchen, leitende Ionen. Streng genommen wird auch bei den leitenden Ionen ein Antrieb zur Ruhelage vorhanden sein, die Gleichung (3) kann aber überhaupt schon aus dem Grunde nicht für jeden Zeitmoment streng gelten, weil die leitenden Ionen durch Stösse der benachbarten Ionen Bewegungsänderungen erfahren. Daher ist die Gleichung (3) nur aufzufassen als eine im Durchschnitt geltende Gleichung. Mir scheint sie wenigstens die einfachste Annahme zu sein, um auch die Leitungseigenschaften in die Dispersionsgleichungen aufzunehmen, und wir wollen sehen, wie weit wir mit dieser Gleichung (3) kommen.[1])

Es lässt sich nun leicht ableiten, dass die x-Komponente j'_x der Stromdichte, welche durch die Verschiebung ξ einer Ionengattung herbeigeführt wird, den Werth hat:

$$j'_x = e\,\mathfrak{N}\,\frac{\partial \xi}{\partial t}, \qquad (5)$$

und zwar wird j'_x elektrostatisch gemessen, falls e so definiert ist. Wir wollen alle elektrische Grössen nach elektrostatischem Masssystem messen. Sind mehrere Ionengattungen vorhanden, so ist die gesamte Stromdichte, welche durch die Ionenwanderung herbeigeführt wird:

$$\Sigma j'_x = e_1 \mathfrak{N}_1 \frac{\partial \xi_1}{\partial t} + e_2 \mathfrak{N}_2 \frac{\partial \xi_2}{\partial t} = \Sigma\, e\, \mathfrak{N} \frac{\partial \xi}{\partial t}, \qquad (6)$$

wobei die unteren Indices sich auf die verschiedenen vorhandenen Ionengattungen beziehen. Die überhaupt vorhandene Stromdichte j_x wird nun dadurch erhalten, dass zu dem Ausdruck (6) noch der Verschiebungsstrom im Äther, der nach Maxwell an jeder Stelle des Raumes vorhanden ist, hinzuaddiert wird, und der den Wert hat

$$j^0_x = \frac{1}{4\pi}\frac{\partial X}{\partial t}, \qquad (7)$$

falls man die Dielektricitätskonstante des Äthers stets gleich 1 setzt. Dies ist entschieden der einfachste und am konsequentesten durchzuführende Standpunkt, nämlich anzunehmen, dass die Verschiedenheit der materiellen Körper in elektrischer Hinsicht nur durch Verschiedenheit in den Eigenschaften der Ionen herbeigeführt wird, dass aber die Ionen in einem überall gleich beschaffenen Raum, dem Äther, lagern.

Durch Addition von (6) und (7) erhält man daher als X-Komponente der Gesamtstromdichte:

$$j_x = \frac{1}{4\pi}\frac{\partial X}{\partial t} + \Sigma\, e\, \mathfrak{N} \frac{\partial \xi}{\partial t}. \qquad (8)$$

Für konstantes X ergiebt sich aus (3), falls für $t = 0$ $\frac{\partial \xi}{\partial t}$ Null ist:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = v e X (1 - e^{-t/mv}). \qquad (9)$$

Setzen wir

$$mv = \vartheta/2\pi, \qquad (10)$$

so bedeutet ϑ die Zeit, während der eine konstante elektrische Kraft X wirken muss, bis dass das Ion von der Ruhe aus eine Geschwindigkeit annimmt, die nur noch um den $e^{2\pi}$ten Teil, d. h. um etwa $^1/_5$ Proz., geringer ist, als die schliesslich erreichbare Endgeschwindigkeit (evX). Diese Zeit ϑ soll die Anregungszeit des Ions genannt werden.

Für $t = \infty$ ergiebt sich aus (9) und (8) bei konstantem X:

$$j_x = \Sigma e^2 v \mathfrak{N} \cdot X = \sigma' \cdot X. \qquad (11)$$

Die Konstante

$$\sigma' = \Sigma e^2 v \mathfrak{N} \qquad (12)$$

hat also die Bedeutung der nach absolutem elektrostatischen Mass gemessenen Leitfähigkeit des Körpers. Die einzelnen Anteile von σ':

(13) $\sigma_1 = e_1{}^2 v_1 \mathfrak{N}_1, \quad \sigma_2 = e_2{}^2 v_2 \mathfrak{N}_2$, etc.

sollen die Leitfähigkeiten der einzelnen Ionengattungen genannt werden.

Falls sich X und dadurch ξ periodisch im Laufe der Zeit ändern, so sind diese Grössen proportional mit $e^{i \cdot 2\pi t/\tau}$ zu setzen,[1]) falls $i = \sqrt{-1}$ ist und τ die Periode bedeutet. Dann wird nach (3) und (10) für die leitenden Ionen:

$$e\frac{\partial \xi}{\partial t} = -i\frac{\tau}{2\pi}\frac{e^2 v}{1 + i\vartheta/\tau}\cdot\frac{\partial X}{\partial t}. \qquad (14)$$

Wir wollen hier nur leitende Ionen annehmen. Nach (8) und (14) wird dann:

$$4\pi j_x = \frac{\partial X}{\partial t}\left\{1 - 2i\tau\,\Sigma\frac{\sigma}{1 + i\vartheta/\tau}\right\}. \qquad (15)$$

Wenn man nun setzt

$$4\pi j_x = \varepsilon\frac{\partial X}{\partial t}, \qquad (16)$$

wobei ε eine reelle oder komplexe von τ abhängige Grösse sein kann, so ist bekanntlich,[2]) wenn man im übrigen an den Maxwellschen Gleichungen festhält, der Brechungsindex n und der Absorptionsindex $\varkappa$ des Körpers gegeben durch

$$n^2(1 - i\varkappa)^2 = \varepsilon. \qquad (17)$$

Durch Vergleichung von (15), (16) und (17) und durch Trennung der reellen von den imaginären Bestandteilen entstehen daher die beiden Beziehungen

1) Bei Lichtschwingungen ist die Annahme dieser Gleichung um so unbedenklicher, als sich herausstellt, dass auch bei der intensivsten Beleuchtung die Amplitude der Ionen-Bewegung nicht annähernd Werte erreicht, welche von der Ordnung der Wirkungssphäre der Molekularkräfte sind.

1) Eigentlich sind die Grössen den reellen Teilen von $e^{i 2\pi t/\tau}$ proportional. Auf diesen bekannten Punkt brauche ich wohl nicht einzugehen.

2) Vgl. z. B. P. Drude, Physik des Äthers, S. 563. Das dortige k ist identisch mit der hier gebrauchten Bezeichnung $n\varkappa$.

$$n^2(\varkappa^2 - 1) = 2\,\Sigma \frac{\sigma\vartheta}{1 + (\vartheta/\tau)^2} - 1 = A \quad (18)$$

$$2\,n^2\varkappa = 2\tau\,\Sigma \frac{\sigma}{1 + (\vartheta/\tau)^2} = B, \quad (19)$$

woraus sich leicht ergiebt:

$$2\,n^2\varkappa^2 = A + \sqrt{A^2 + B^2}, \quad (20)$$

$$2\,n^2 = -A + \sqrt{A^2 + B^2} = \frac{B^2}{A + \sqrt{A^2 + B^2}} \quad (21)$$

Da jedes σ und ϑ für jede Ionengattung positiv ist (da v stets positiv ist), so lassen sich folgende Schlüsse für Körper, in denen nur Leitungsionen sind (Metalle), ziehen:

1. Es kann $\varkappa > 1$ sein.[1])

2. Wenn $\varkappa < 1$ ist, muss stets $n^2(1 - \varkappa^2) < 1$ sein.

3. Es ist stets $n^2\varkappa < \tau\,\Sigma\,\sigma$, d. h. $n^2\varkappa < \tau\sigma'$.[2])

4. Je mehr bei einem Metall $n^2\varkappa$ unter dem Werte $\tau\sigma'$ liegt, um so grösser muss mindestens für einige Ionengattungen, deren Leitfähigkeit σ ein merkbarer Bestandteil der Gesamtleitfähigkeit σ' des Körpers ist, ihre Anregungszeit ϑ im Vergleich zur Lichtperiode τ sein. Um so grösser ist dann A im Vergleich zu B, d. h. um so grösser ist $\varkappa$ und um so kleiner ist n.

5. $n\varkappa$, $n^2\varkappa$ und $n^2(\varkappa^2 - 1)$ müssen stets mit τ wachsen.

6. n wächst im allgemeinen mit τ. Es kann aber auch, besonders bei den Metallen mit kleinen n und grossen $\varkappa$, abnehmen mit τ.[1])

1) Führt man keine Eigenschwingungen bei den Metallen in die Theorie ein, so ergiebt sich, dass $\varkappa < 1$ sein muss, falls nicht die Dielektricitätskonstante der Metalle negativ ausfallen soll. Durch Annahme von Eigenschwingungen im Ultraroten erscheint zwar $\varkappa > 1$ möglich, indes müsste dann $n_2\varkappa > \tau\sigma'$ sein, während es thatsächlich stets viel kleiner ist (cf. die hier eingangs citierte Litteratur.)

2) Für die Bedeutung dieses Schlusses vgl. die vorige Anmerkung.

Diese Schlüsse sind nun in der That bei den meisten Metallen erfüllt, wie die untere Tabelle lehrt, in der die Werte von n und $\varkappa$ für gelbes Licht ($\lambda = 0{,}000589$ mm) und rotes Licht ($= 0{,}000630$ mm) früheren Beobachtungen von mir[2]) über die Reflexionskonstanten der Metalle entnommen sind. Die Metalle sind nach ihren Leitfähigkeiten geordnet. Es ist, falls σ_r die relative Leitfähigkeit des Metalls verglichen mit Quecksilber ist:

$$\tau\sigma' = 3{,}19 \cdot 10^5 \cdot \lambda \cdot \sigma_r,$$

falls λ die Wellenlänge des Lichtes in Luft in Centimeter bedeutet. Für Natriumlicht folgt also:

$$\tau\sigma' = 18{,}8 \cdot \sigma_r.$$

(Siehe untenstehende Tabelle.)

Die ausführliche Discussion dieser Tabelle an der Hand der vorhin gezogenen Schlüsse will ich hier nicht geben; im allgemeinen werden die Schlüsse durch die Tabelle bestätigt.

Um nun genauer die charakteristischen Konstanten σ, ϑ der einzelnen Ionengattungen in einem Metall zu bestimmen, wird man zunächst als einfachste Annahme mit Hilfe zweier Ionengattungen, einer positiv und einer negativ geladenen, die Dispersionserscheinungen eines Metalls darzustellen versuchen. Von den Konstanten σ_1, σ_2, ϑ_1, ϑ_2 sind dann nur 3 verfügbar, da $\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma'$ sein muss. Dieselben können bestimmt werden aus den Beobachtungen für n und $n\varkappa$ im gelben Licht, sowie aus dem Dispersionsgange für irgend eine optische Grösse. Als solche empfiehlt sich besonders das Reflexionsvermögen eines Metalls, da dasselbe neuerdings von Hagen und Rubens[3]) in einem

1) Wie dieser Schluss aus den Formeln (18) bis (21) entsteht, will ich an anderer Stelle ausführlicher behandeln.

2) P. Drude, Wied. Ann. 39, S. 537, 1890. — 42, S. 189, 1891. — 64, S. 159, 1898.

3) E. Hagen und H. Rubens, Ztschr. f. Instr.-Kde., 1899, S. 293.

Metall	σ_r	$\tau\sigma'$	$\varkappa$	n		$n\varkappa$		$n^2\varkappa$		$n^2\varkappa^2 - n^2$	
		gelb	gelb	gelb	rot	gelb	rot	gelb	rot	gelb	rot
Silber	60	1130	20,3	0,18	0,20	3,67	3,96	0,67	0,81	13,5	15,7
Kupfer	58	1090	4,1	0,64	0,58	2,62	3,15	1,7	1,8	6,5	9,5
Gold	46	865	7.7	0,37	0,31	2,82	3,15	1,03	0,96	7,8	9,8
Aluminium	32	601	3,6	1,44	1,62	5,23	5,46	7,5	8,8	25,3	27,4
Zink	17	320	2,6	2,12	2,36	5,48	5,53	11,6	13,0	25,6	25,0
Kalium-Natrium *)	17(?)	320	17,7	0,15	0,12	1,78	2,18	0,26	0,27	3,1	4,7
Magnesium	17	320	11,8	0,37	0,40	4,42	4,61	1,6	1,8	19,5	21,1
Kadmium	14	263	4,4	1,13	1,31	5,01	5,31	5,7	6,9	23,9	26,6
Platin	14(?)	263	2,1	2,06	2,16	4,26	4,46	8,7	9,6	13,9	15,2
Zinn	8,5	160	3,6	1,48	1,66	5,25	5,50	7,8	9,1	25,3	27,5
Stahl	5(?)	94	1,4	2,41	2,62	3,40	3,47	8,2	9,1	5,8	5,2
Blei	4,9	92	1,7	2,01	1,97	3,48	3,44	7,0	6,8	8,1	7,9
Nickel	3,1	59	1,9	1,79	1,89	3,32	3,55	6,0	6,7	7,8	9,0
Kobalt	3(?)	56	1,9	2,12	2,22	4,03	4,19	8,6	9,3	11,8	12,7
Antimon	2,6	49	1,6	3,04	3,17	4,94	4,95	15,1	15,7	15,1	14,4
Quecksilber	1	19	2,9	1,73	1,87	4,96	5,21	8,6	9,7	21,6	23,7
Wismut	0,7	13	1,9	1,90	2,07	3,66	3,94	6,9	8,1	9,8	11,3

*) Die Angaben für gelb und rot beziehen sich hier auf die Farben blau und gelb, da nur bei diesen beobachtet wurde.

grossen Bereich von Wellenlängen sorgfältig bestimmt ist. — Als Beispiel lasse ich hier nur die an Nickel erhaltenen Zahlen folgen, weil an diesem Metall die 4 Konstanten σ_1, σ_2, ϑ_1, ϑ_2 verhältnismässig genau sich auf dem angegebenen Wege bestimmen lassen. Das Reflexionsvermögen $\mathfrak{J}$ ist in Prozenten angegeben.

Nickel.

$\tau\,\sigma_1 = 6{,}0;\ \tau\,\sigma_2 = 53;\ \vartheta_1\,\tau = 0{,}192,\ \vartheta_2\,\tau = 16{,}0$ für gelbes Licht.

$\lambda\ 10^6$ mm	431	450	486	500	550	589	600	650	671	700
$\mathfrak{J}$ ber.	54,4	55,2		58,0	60,3		62,5	64,4		66,3
$\mathfrak{J}$ beob.		58,5		60,8	62,6		64,9	65,9		69,8
$\mathfrak{J}$ ber. / $\mathfrak{J}$ beob.		0,94		0,95	0,96		0,96	0,98		0,95
n ber.	1,56		1,64			1,78			1,80	
n beob.[1]	1,54		1,71			1,84			2,04	
$n\varkappa$ ber.		2,74		2,96	3,16		3,36	3,56		
$n\varkappa$ beob.[2]		1,50		1,65	1,81		1,92	2,06		
$n\varkappa$ ber. / $n\varkappa$ beob.		1,83		1,80	1,75		1,75	1,73		

Wenn auch $\mathfrak{J}$ etwas grösser beobachtet worden ist, als es sich aus dem Haupteinfallswinkel und Hauptazimut (eines ganz anderen Stückes) berechnet, so ist doch der Gang der Dispersion der Beobachtung gut angepasst. Dass man mit diesen Konstanten zugleich die von ganz anderen Beobachtern herrührenden Dispersionsbestimmungen des n und des $n\varkappa$ darstellen kann[3]), zeigt, dass man das optische Verhalten des Nickels mindestens annähernd mit zwei Gattungen Leitungsionen darstellen kann und dabei die Kontinuität mit dem elektrischen Leitvermögen σ' des Nickels wahren kann.

Nach (10) und (13) folgt, da auch $e_1\,\mathfrak{N}_1 = e_2\,\mathfrak{N}_2$ sein muss:

$$\frac{\sigma_1\,\vartheta_2}{\sigma_2\,\vartheta_1} = \frac{m_2 : e_2}{m_1 : e_1}. \tag{22}$$

Für $e_1 = e_2$ folgt also aus den Zahlenwerten für σ und ϑ:

$$m_2 : m_1 = 9{,}45.$$

Vielleicht ist es auch hier so, dass die kleinere Masse m_1 den negativ geladenen Ionen zugehört, die grössere Masse m_2 den positiv geladenen. Es ist plausibel, dass die grössere Anregungszeit ϑ_2 den schwereren Ionen zugehört, dass diese aber eine grössere Endgeschwindigkeit v_2 erreichen, falls die Krafteinheit auf sie wirkt,[4]) und dass daher $\sigma_2 > \sigma_1$ ist.

1) H. E. J. G. du Bois und H. Rubens, Wied. Ann. 41, S. 522, 1890.

2) W. Rathenau, Die Absorption des Lichtes in Metallen. Dissert. Berlin 1889. — Winkelmanns Hdb. der Physik, Optik, S. 838.

3) Die Beobachtungen des $n\varkappa$ von Rathenau sind durchweg zu klein, wie spätere direkte Kontrollmessungen an anderen Metallen gezeigt haben. Der Gang der Dispersion ist aber nach Theorie und Beobachtung der gleiche.

4) Gerade wie schwerere Körper im Luftraum schneller fallen, als leichtere.

Legt man den negativ geladenen Ionen die bei den Kathodenstrahlen erhaltenen Zahlen[1]) bei

$$\frac{e_1}{m_1} = 1{,}86 \cdot 10^7 \cdot 3 \cdot 10^{10}, \quad e_1 = 6 \cdot 10^{-10},$$

so ergiebt sich $m_1 = 1{,}07 \cdot 10^{-27}$ gr., und aus (10):

$$v_1 = \frac{\vartheta_1}{2\pi\, m_1} = \frac{0{,}192 \cdot \lambda}{2\pi\, m_1 \cdot 3 \cdot 10^{10}} = 5{,}6 \cdot 10^{10}.$$

Aus (13) folgt:

$$\mathfrak{N}_1 = \frac{\sigma_1}{e_1{}^2 v_1} = \frac{6 \cdot 3 \cdot 10^{10}}{e_1{}^2\, v_1\, \lambda} = 15 \cdot 10^{22}.$$

Für die positiv geladenen Ionen folgt, falls man $\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{N}_2$, $e_1 = e_2$ annimmt:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \cdot \frac{m_1}{m_2} = v_1 \cdot 8{,}8,$$

d. h. die Endgeschwindigkeiten, welche die Ionen unter dem Einfluss einer konstanten elektrischen Kraft annehmen, würden nahezu proportional ihren Massen sein.

Da die Endgeschwindigkeit der mit e_1 geladenen Ionen, falls die elektrische Kraft X wirkt, den Wert $e_1 v_1 X$ hat, und für das Potentialgefälle von 1 Volt pro Centimeter die elektrostatisch gemessene Kraft X den Wert $\frac{1}{3} \cdot 10^{-2}$ hat, so wird in diesem Falle die Endgeschwindigkeit der negativen Ionen 0,11 cm pro Sekunde, die der positiven Ionen 0,96 cm pro Sekunde.

Diese Endgeschwindigkeiten sind etwa rund 200mal so gross als die aus der Elektrolyse erhaltenen Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen.[2])

Von Interesse ist auch noch die Amplitude, welche die Ionen unter dem Einfluss einer intensiven Belichtung, z. B. bei Durchleuchtung einer dünnen Metallschicht mit Sonnenlicht, besitzen. Aus (14) ergiebt sich für diese Amplitude $\bar{\xi}$:

$$\bar{\xi} = \frac{\tau}{2\pi} \cdot \frac{ev}{\sqrt{1 + (\vartheta/\tau)^2}} \bar{X},$$

falls $\bar{X}$ die Amplitude der einfallenden elektrischen Kraft ist. Diese beträgt im Sonnenlicht höchstens 0,016 nach absolutem elektrostatischem Mass. Daher berechnet sich bei Nickel für die negativen Ionen $\bar{\xi} = 17 \cdot 10^{-17}$ cm, für die positiven $\bar{\xi} = 0{,}6 \cdot 10^{-17}$ cm. Die Ionen bleiben daher durchaus in ihrem Molekularverbande, da ihre Amplitude nicht annähernd die Wirkungsgrenze der Molekularkräfte erreicht.

Die im cm³ enthaltenen Masse der Ionen ist (für $\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{N}_2$): $\mathfrak{N}_1\, m_1 + \mathfrak{N}_2\, m_2 = 1{,}7$ mg, d. h. etwa der 5000te Teil der Dichte, d. h. der überhaupt vorhandenen Masse.

Es ist von Wichtigkeit, dass alle hier berechneten Zahlen zu keinen Unmöglichkeiten führen.

Ich muss es mir hier versagen, auf die op-

1) W. Kaufmann, Wied. Ann. 62, S. 598, 1897. — S. Simon, Wied. Ann. 69, S. 611, 1899. — J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46, S. 29, 1898.

2) Vgl. W. Nernst, Theoret. Chemie, 2. Aufl. S. 360, Stuttgart, 1898.

tischen Eigenschaften der anderen Metalle einzugehen, nur will ich noch bemerken, dass auch die optischen Eigenschaften von Silber, Platin und Stahl sich durch die alleinige Annahme von Leitungsionen darstellen lassen, während die starke Dispersion des Reflexionsvermögens von Gold und Kupfer zu der Annahme nötigt, dass ausser leitenden auch isolierende Ionen vorhanden sind, deren Eigenschwingungen im Ultraroten liegen.

Für sehr langsame Perioden (Hertzsche Wellen) folgt aus (18) und (19) bei Nickel:

$$n^2 - n^2 \varkappa^2 = -1701, \quad 2n^2 \varkappa = 2\tau\sigma'.$$

Der erstere Term besitzt die Bedeutung der Dielektricitätskonstante des Metalles. Dieselbe ist also negativ[1]) und sehr gross. Trotzdem ist sie noch selbst bei den kürzesten herstellbaren elektrischen Wellen so klein gegen $2\tau\sigma'$, dass die Eigenschaften des Metalles hinsichtlich derselben sich lediglich aus seiner Leitfähigkeit σ' bestimmen. — Denkbar wäre es, dass das Metall auch noch wesentlich schwerere Ionen enthält, deren Einfluss optisch unwirksam ist, während sie für Hertzsche Wellen einen Einfluss äussern könnten.

1) Der anschauliche Grund hierfür ist, dass die Ionen wegen ihrer Trägheit an Phase hinter der sie treibenden elektrischen Kraft stark zurückbleiben.

Leipzig, December 1899.

(Eingegangen 14. Decbr. 1899.)

Das Ostwaldsche Masssystem II.[1])

Von K. Schreber.

Das Carnot-Clausiussche Prinzip, welches von diesen beiden ausschliesslich in Bezug auf die Wärmeenergie aufgestellt ist, lässt sich, wie von verschiedenen Forschern gezeigt worden ist, auch auf andere Energieformen erweitern. Mach hat dieser Erweiterung folgenden Wortlaut gegeben: „Wird von einer Energieart $W' + W$ vom Potential V_1 der Anteil W' in eine oder mehrere andere Formen verwandelt, so erfährt der Rest W einen Fall auf das Potential V_2, wobei die Gleichung besteht:

$$\frac{W'}{V_1} + W\left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right) = 0."$$

Dieser Satz umfasst aber noch nicht alle denkbaren Kreisprozesse, sondern ist auf solche beschränkt, bei welchen die Energie, deren Kapacitätsfaktor den Niveausturz erfährt, von derselben Art ist, wie die, welche umgewandelt wird, und bei denen der Niveausturz auch mit demselben Niveau beginnt, bei welchem die umzuwandelnde Energie aus der Energiequelle aufgenommen wird. Ist dagegen die Energie, deren Kapacitätsfaktor den Niveausturz erfährt, von anderer Art, als die, welche umgewandelt wird, so muss der Satz erweitert werden zu folgendem: „Verwandelt sich die Energiemenge E irgend einer Form in eine oder mehrere andere Formen, so erfährt gleichzeitig der Kapacitätsfaktor K einer Energieform einen Niveausturz $(\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_2)$, derart, dass zwischen den drei Grössen die Gleichung besteht:

$$E = K(\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_2)."$$

In diesem Ausdruck ist nicht nötig, dass die Energieform, deren Faktoren K und $\mathfrak{J}$ sind, unter den auf der linken Seite der Gleichung vorkommenden Energieformen enthalten ist.

(Will man den Satz auf Wärmeenergie anwenden, so muss man, wie ich es schon seit Jahren gewohnt bin, als Kapacitätsfaktor derselben die wahre Wärmekapacität = Masse × wahrer spec. Wärme ansehen.)

Da nun in dieser ganz allgemeinen Form des Carnot-Clausiusschen Prinzipes nur für das Produkt $K(\mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_2)$ ein Wert vorgeschrieben ist, während die Werte der beiden Faktoren selbst unbestimmt sind, so sind natürlich solche Kreisprozesse, auf welche diese allgemeinste Gleichung angewandt werden muss, nicht zu gebrauchen, um die Einheit des Intensitätsunterschiedes zu definieren. Wir müssen deshalb die Definition dieser Einheit auf solche Kreisprozesse beschränken, auf welche die Machsche Gleichung angewendet werden kann, und ihr folgende Fassung geben: „Zwischen zwei Quellen derselben Energieform besteht die Einheit des Intensitätsunterschiedes, wenn bei einem umkehrbaren Kreisprozess zwischen ihnen die Hälfte der aus der Quelle höherer Intensität aufgenommenen Energie in Energie anderer Form verwandelt und die andere Hälfte an die Quelle niederer Intensität abgegeben wird."

Da bei dem in meiner ersten Mitteilung am Schlusse erwähnten Kreisprozesse, welcher vielfach in der Litteratur mit der Machschen Gleichung in Verbindung gebracht wird, Oberflächenenergie in Volumenenergie verwandelt wird, während eine Elektricitätsmenge von höherem auf niedereres Potential sinkt, so muss auf ihn die von mir aufgestellte allgemeinere Gleichung angewandt werden, und er ist deshalb nicht zur Definition der Einheit der Potentialdifferenz zu gebrauchen.

Einen Kreisprozess zwischen 2 Quellen elektrischer Energie von verschiedenem Potential, auf welchen die Machsche Gleichung angewandt werden darf, erhält man auf folgende Weise:

Man verbinde ein Voltameter, in welchem Gase entwickelt werden, mit einer Quelle elektromotorischer Energie, deren elektromotorische Kraft gerade dem Drucke des Gases im Voltameter entspricht und führe, während

1) Vgl. diese Zeitschrift I, 1899, S. 75.

Druck und elektromotorische Kraft konstant erhalten werden, dem Voltameter eine gewisse Menge elektrischer Energie zu. Dann löse man die Verbindung zwischen Energiequelle und Voltameter und lasse den Gasdruck in diesem abnehmen bis auf den Wert, welcher der elektromotorischen Kraft der zweiten Quelle elektrischer Energie entspricht. Man verbinde jetzt das Voltameter mit dieser und lasse es als Gaskette wirken, also elektrische Energie abgeben, bis das Volumen des Gases sich so weit verkleinert hat, dass, wenn man dann das Voltameter von der Energiesenke löst und das Gas bei isoliertem Voltameter komprimiert, man gerade wieder den Ausgangszustand erreicht.

Bei diesem Kreisprozess wird ein Teil der aufgenommenen elektrischen Energie in Energie anderer Form verwandelt, und gleichzeitig sinkt ein zweiter Teil von höherem auf niederes Potential. Auf diesen Prozess darf also die Machsche Gleichung angewandt werden und er ist deshalb zur Definition der Einheit der Potentialdifferenz zu verwenden.

Vorausgesetzt ist, dass, wie auch die Theorie verlangt,[1]) die elektromotorische Kraft der Polarisation bezw. der Gaskette, eine Funktion des Gasdruckes ist. Wenn Markowsky[2]) gefunden zu haben behauptet, dass die elektromotorische Kraft vom Druck unabhängig sei, so gilt das nur innerhalb der Genauigkeit seiner Beobachtungen. Da diese ungefähr 1 Proz. beträgt, so wird eine sehr empfindliche Methode nötig sein, um die Zustandsgleichung zwischen elektromotorischer Kraft einer Gaskette und Druck des Gases aufzustellen.

Der zahlenmässige Vergleich dieser wissenschaftlichen Einheit mit den gebräuchlichen empirischen, Volt, Daniell, Clark u. s. w., kann natürlich erst vorgenommen werden, nachdem diese Zustandsgleichung festgestellt ist.

1) Duhem: Elektricité et Magnétisme I, 1891, S. 550.
2) Markowsky: Wied. Ann. 44, S. 457, 1891.

(Eingegangen 16. Decbr. 1899.)

Über den Einfluss der Selbstinduktion auf die Unterbrechungszahl beim Wehnelt-Unterbrecher. Prüfung und Bestätigung des Simonschen Wirkungsgesetzes.[1])

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Herr H. Th. Simon[2]) hat als Wirkungsgesetz des Wehnelt-Unterbrechers die Formel abgeleitet:

$$T = \frac{3}{2}\frac{L}{w} + \frac{C_1 w}{E^2} + C_2 \ldots\ldots, \qquad 1)$$

worin T die Unterbrechungszeit, L die Selbstinduktion der in dem Stromkreis enthaltenen Spule, w den Widerstand im Unterbrecher, E die Betriebsspannung, C_1 und C_2 gewisse Konstanten bedeuten, die von dem jeweiligen Zustand des Unterbrechers abhängen.

Sorgt man also dafür, dass während des Versuches w, E, C_1 und C_2 konstant bleiben, so sind nur noch T und L variabel, und man kann dann für diesen speciellen Fall die Formel in die Form bringen:

$$T = AL + B \ldots\ldots, \qquad 2)$$

wobei A und B gewisse Konstanten bedeuten. Die unten beschriebenen Versuche hatten den Zweck, die Gültigkeit dieses Gesetzes zu prüfen. Die Versuchsanordnung war folgende:

Der von einer Accumulatorenbatterie mit konstant gehaltener Klemmenspannung (110 Volt) gelieferte Strom durchfliesst einen Wehnelt-Unterbrecher und eine Spulenanordnung, welche es nach dem Prinzipe eines Schlitteninduktoriums gestattet, die Selbstinduktion in weiten Grenzen variieren zu können, ohne den Ohmschen Widerstand des Stromkreises zu verändern. Es wurden zum Zwecke des Versuchs verschiedene Werte der Selbstinduktion eingeschaltet und die zugehörigen Unterbrechungszahlen bestimmt. Letztere wurden auf stroboskopischem Wege derart gemessen, dass der im Unterbrecher auftretende Öffnungsfunke selbst als intermittierende Lichtquelle benutzt wurde.

In der folgenden Tabelle sind einige der auf diese Weise gefundenen Zahlen zusammengestellt:

Selbstinduktion $L \cdot 10^{-7}$ in C.G.S. Einh.	Unterbrechungen pro Sekunde	Unterbrechungszeit $T \cdot 10^5$ beobachtet	berechnet
1	455	220	223
2	381	262	264
3	326	307	305
4	283	353	353
5	255	392	392

Die Konstanten des Simonschen Wirkungsgesetzes 2) wurden aus den für T beobachteten Werten zu $A = 0{,}00041 \cdot 10^{-7}$, $B = 0{,}00182$ bestimmt. Nach der Formel 2) $T = AL + B$ ergeben sich demnach für die obigen Werte der Selbstinduktion die in der vierten Spalte enthaltenen Unterbrechungszeiten $T.10^5$.

Die Tabelle zeigt, dass die beobachteten und berechneten Werte gut übereinstimmen, dass demnach das Simonsche Wirkungsgesetz die Beobachtungen gut wiedergiebt.

Ich hatte die Absicht, eine ähnliche Versuchsreihe für den Simonschen Loch-Unter-

1) Vgl. E. T. Z. 1899, Heft 45, S. 786.
2) Nachrichten der Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen, Heft 2, 1899 u. Wied. Ann. 68, S. 273, 1899.

brecher[1]) auszuführen. Allein die schwache Lichtwirkung in diesem Unterbrecher liess eine direkte stroboskopische Bestimmung der Unterbrechungszahlen nicht zu; ebenso zeigte sich dieselbe zu schwach, um auf eine (bewegte) photographische Platte zu wirken, so dass auch auf diesem Wege die Unterbrechungszahlen nicht ermittelt werden konnten.

Vermutlich wird sich jedoch diese Schwierigkeit durch Anwendung höherer Betriebsspannungen (500 Volt) umgehen lassen, so dass ich hoffe, demnächst auch für den Simonschen Unterbrecher die Verifikation des entsprechenden Wirkungsgesetzes erbringen zu können.

1) E. T. Z. 1899, Heft 25 u. Wied. Ann. 68, S. 861, 1899.

(Eingegangen 17. Decbr. 1899.)

Über einen Kompensationsapparat mit Kurbelschaltung.

Von Th. Bruger.

Mit der Konstruktion des im folgenden kurz beschriebenen Kompensationsapparates war insbesondere die Beseitigung der Unbequemlichkeiten bezweckt, welche sich für rasches Arbeiten dadurch ergeben, dass bei älteren Apparaten das gesuchte Resultat oft nicht direkt abgelesen werden kann und dass bei Messung niedriger Spannungen Stöpselrheostaten zum Variieren des zwischen den Abzweigungen liegenden Widerstandes Verwendung finden, während gleichzeitig der Totalwiderstand des Apparates konstant gehalten werden muss.

Dem entsprechend habe ich in erster Linie durch Anwendung eines mehrfachen Kurbelrheostaten von besonderer Einrichtung die Manipulationen beim Messen so zu vereinfachen gesucht, dass, wenn nach der weiter unten stehenden Gebrauchsvorschrift gearbeitet wird, in jedem Falle sehr rasch ein direkt lesbares Resultat erhalten werden kann.

Die Anordnung der Kurbelrheostaten ist schematisch in Fig. 1 dargestellt, und man ersieht, dass sich der ganze 10000 Ohm betragende Widerstand auf vier einzelne Rheostaten verteilt, denen noch ein kleiner Stöpselrheostat mit den Beträgen 0,1 bis 0,4 Ohm, zusammen 1 Ohm, hinzugefügt wurde. Die vier Kurbelrheostaten enthalten nacheinander 9 mal 1, 9 mal 10, 9 mal 100 und 9 mal 1000 Ohm, und zwar sind die beiden ersten derselben in der gebräuchlichen Weise, die beiden letzten dagegen (in Fig. 2 und Fig. 3 gesondert dargestellt) abweichend davon folgendermassen eingerichtet:

Auf einer mittels des Griffes *H* drehbaren Scheibe *J* sind isoliert voneinander die Metallstücke *F* befestigt, welche alle bis auf ein Paar, — mit *F'* bezeichnet — Doppelfedern bilden

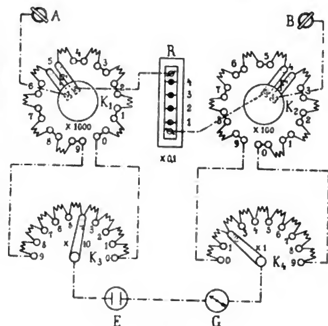


Fig 1.

und dazu dienen, je zwei Kontaktknöpfe, auf denen sie aufliegen, miteinander in leitende Verbindung zu bringen und damit zugleich die an diese Knöpfe angeschlossenen Widerstände

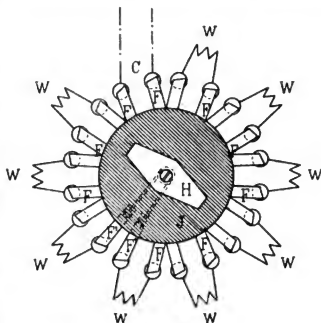


Fig. 2.

untereinander beziehungsweise mit den einfachen Kurbelrheostaten k_3 und k_4 in Serie zu schalten. An der Stelle, wo sich die Einzelfedern *F'* befinden, liegen die Endpunkte dieser Leitersysteme, von wo mit *F'* verbundene und nahe

der Drehachse von J weitergeführte Leitungen die Verbindung mit den Klemmen A und B sowie mit R vermitteln. Die Schaltvorrichtungen k_1 und k_2 erfüllen also den Zweck, in einem Kreise angeordnete Widerstände so zu kombinieren, dass alle in Serie geschaltet bleiben, während Anfang und Ende der Reihe an jede beliebige Stelle des Systems verlegt werden kann.

Wird diesem vierfachen Widerstandssatz mit Kurbelschaltung nun noch gemäss Fig. 4 ein Rheostat, welcher dessen Widerstand zu 100000 Ohm ergänzt und eine Hilfsbatterie von 6 bis 8 kleinen Accumulatoren hinzugefügt, so ist der Kompensationsapparat vollständig und kann in folgender Weise zu Spannungsmessungen jeder Art gebraucht werden:

Fig. 3.

1. Messung hoher Spannungen. Die zu messende Spannung E wird an die Klemmen E_+ und E_- gelegt, der Schlüssel T bleibt offen, die Kurbeln k_1 bis k_4 werden so gestellt, dass der zwischen k_3 und k_4 abgegrenzte Widerstand numerisch gleich $e \cdot 100$ oder gleich $e \cdot 1000$ ist, wo e die Spannung des benutzten Normalelementes bezeichnet, endlich wird der Vorschaltewiderstand S so gestöpselt, dass G stromlos ist, dann hat man $E = \frac{W}{100}$ oder $E = \frac{W}{1000}$ wo W den totalen Widerstand zwischen E_+ und E_- bezeichnet. — Die Messung erfolgt also in diesem Falle wie bei dem bekannten Feussnerschen Kompensationsapparat.

2. Messung niedriger Spannungen. Die zu messende Spannung ist an die Klemmen X gelegt. Nach Schliessen von T wird durch einen Vorversuch der Widerstand bestimmt, welcher in S gestöpselt werden muss, damit bei Benutzung der Hilfsbatterie im Apparat ein Strom $i = \frac{e}{w} = 0{,}001$ Ampere oder 0,0001 Ampere fliesst, unter w der zwischen k_3 und k_4 liegende Widerstand verstanden. Dann bringt man den Umschalter u von der Stellung e in die Stellung x und kompensiert wieder, jedoch nur durch Drehen der vier Kurbeln der Kurbelrheostaten bei unverändertem S, um nun $x = i \cdot w' = 0{,}001\, w'$ oder $0{,}0001\, w'$ zu erhalten, wo w' der jetzt geänderte zwischen k_3 und k_4 liegende direkt ablesbare Widerstand der Kurbelschaltung ist. — Erforderlichenfalls kann hier bei beiden Messungen der kleine, Dezimalen enthaltende Rheostat R zur genaueren Abgleichung mit benutzt werden.

Fig. 4.

Der neue Kompensationsapparat wird von der Firma Hartmann & Braun gebaut, in deren Laboratorium ein Exemplar desselben sich bereits seit Jahresfrist in dauerndem Gebrauch befindet und gut bewährt.

(Eingegangen 25. Decbr. 1899.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Festrede, gehalten am 5. November 1899 anlässlich der Enthüllung des Denkmals des Universitätsprofessors Dr. Joseph Loschmidt.

Von Ludwig Boltzmann.

Hochansehnliche Versammlung!

Beethovens Töne sind dem Ohre verstummt, die Seele steht noch in ihrem Banne, und nur ungern gehe ich daran, für meine Gefühle in dürrer klangloser Prosa Ausdruck zu suchen. Das gesprochene Wort, gemacht, den begrifflichen Gedankenprozess mitzuteilen, ein wie sprödes Werkzeug ist es, wenn sich uns Herz und Gemüt auf die Lippen drängen will. Spricht die Seele, sagt Schiller, so spricht auch schon die Seele nicht mehr. Wenn daher der Maler des Prinzen Conti sein Genie daran erkennt, dass er empfindet, was seinen Bildern fehlt, so erlauben Sie, dass auch ich meinen Eifer und meine Begeisterung an dem messe, was zum Ausdrucke zu bringen mir versagt ist.

Ich habe schon unmittelbar nachdem uns Loschmidt durch den Tod entrissen worden war, seinem Andenken in einem engeren Kreise einen kurzen Nachruf geweiht; nun habe ich diese traurige Pflicht zum zweitenmal zu erfüllen. Ich fuhr einmal zu Schiff über einen der schönen Seen unseres gesegneten Vaterlandes. Am Ausgangspunkte der Fahrt sah man einen mächtigen Berg, den man bei der Landung von neuem erblickte. Aber darin lag keine Einförmigkeit; obwohl noch derselbe, hatte der Berg seine Gestalt wunderbar verändert und erregte von neuem ungeschwächtes Interesse. Ähnlich soll ich jetzt, nachdem mein Lebensschiff um ein paar Jahre weiter gerückt ist, zum zweitenmal über Loschmidt sprechen. Nun, ich hoffe, seine Gestalt ist wie die jenes Berges reich genug, um vom neuen Standpunkte aus neues Interesse zu bieten.

Wir wissen, dass uns der Tod alles raubt, was wir besitzen, ob das Leben Ersatz bieten wird, wissen wir nie; so haben sich auch in diesen Räumen die Totenreden in erschreckender Weise gehäuft, ja, was noch erschreckender ist, sie sind sozusagen stereotyp geworden; das Ausserordentliche wurde alltäglich. Umgekehrt wie jene griechische Grabschrift den ausserordentlichsten Heldenmut als blosse Pflichterfüllung bezeichnet, wird hier die Pflichterfüllung zum Heldentume.

Sobald ich mich in diesem Saale umsehe, steigen vor mir die Gespenster all der rührenden, so oft gehörten Worte auf, vom unermüdlichen Forscher, der der Wissenschaft neue Bahnen bricht, vom unübertrefflichen Lehrer, edlen Manne, hingebenden Freunde, von der gewissenhaften Pflichterfüllung und dem aufopfernden segensreichen Wirken für Staat, Familie und Menschheit. Etwas Rührendes, etwas Erschütterndes und unendlich Erhabenes liegt in dieser ewigen Wiederkehr derselben Worte wie in dem endlosen Einerlei des wogenden Meeres. Aber es erschiene mir geschmacklos, auch auf Loschmidts Grab einen aus diesen Phrasen zierlich gewundenen Kranz niederzulegen. Er war so ganz und gar nicht alltäglich; er konnte es nicht leiden, wenn von ihm und seinen Vorzügen gesprochen wurde. So will ich daher seinen Wunsch auch heute noch ehren und ihn nicht loben, sondern lieber über das Grenzgebiet der Physik und Philosophie, das Lieblingsthema seiner Gespräche, reden, also wieder fachsimpeln, kann Ihnen nicht helfen.

Eine der wichtigsten Fragen zur Zeit der Vollkraft Loschmidts war die nach der Zusammensetzung der Materie. Sie ist es wohl auch noch heute; nur dass man die Fragestellung etwas anders stilisiert hat. Während man damals die letzten Elemente des Seienden, der Materie selbst suchte, so fragt man heute, aus welchen einfachen Elementen man die geistigen Bilder zusammensetzen muss, um die beste Übereinstimmung mit den Erscheinungen zu erzielen. Was man meint, ist wohl in beiden Fällen so ziemlich dasselbe; doch wir wollen uns zunächst in die Zeit versetzen, in der die Hauptarbeiten Loschmidts erschienen.

Damals hatte man gerade eine Fülle von Thatsachen erkannt, welche darauf hinwiesen, dass die Wärme, die man früher für einen Stoff gehalten hatte, eine Bewegung der kleinsten Teilchen der Körper sei. Man hatte auch eine bestimmte Hypothese über die Art dieser Bewegung aufgestellt. In festen Körpern sollte jedes Teilchen um eine fixe Ruhelage pendelartig hin und her schwingen; in tropfbaren Flüssigkeiten sollten die Teilchen umeinander herumkriechen, in Gasen dagegen sind die kleinsten Teilchen, welche man ihre Moleküle nennt, viel weiter voneinander entfernt, so dass sie keine erhebliche Wirkung mehr aufeinander ausüben. Da trotzdem jedes derselben in lebhafter Bewegung begriffen ist, so kann diese keine andere als eine geradlinig fortschreitende sein, wie die einer abgeschossenen Flintenkugel; denn sie ist viel zu schnell, als dass die Bahn durch die Schwerkraft eine erhebliche Krümmung erfahren könnte. Nur wenn zwei Moleküle einander ungewöhnlich

nahekommen, was man einen Zusammenstoss nennt, so lenken sie sich ganz wesentlich von der geradlinigen Bewegung ab.

Der Druck des Gases, den man früher einer Abstossungskraft der Moleküle zuschrieb, wurde nach der neuen Ansicht, die man die kinetische Gastheorie nennt, durch die Stösse der Moleküle auf die Gefässwand erklärt. Es ist dies das erste Beispiel, dass man eine Kraft als eine bloss scheinbare, durch dem Auge verborgene Bewegung hervorgerufene betrachtete, eine Anschauung, die dann später eine so wichtige Rolle in der Mechanik zu spielen berufen war. Aus der Grösse des Druckes berechnete Clausius die Geschwindigkeit, mit der die Gasmoleküle sich durchschnittlich bewegen. Sie ist für verschiedene Gase verschieden und von der Grössenordnung der Schallgeschwindigkeit.

Würden nun die Gasmoleküle lange Strecken zurücklegen, ohne mit anderen zusammenzustossen, so müssten sie vermöge ihrer grossen Geschwindigkeit fast momentan durch die engsten Röhren strömen. In der That ist aber die Strömungs-Geschwindigkeit in genügend engen Röhren eine sehr geringe, und man nennt die Eigenschaft der Gase, welche dies bedingt, ihre Zähigkeit oder innere Reibung. Aus quantitativen Experimenten über dieselbe fand Maxwell, dass in Luft unter normalen Verhältnissen jedes Gasmolekül in der Sekunde 5000 millionenmal mit anderen zusammenstösst, und dass der Weg, den ein Molekül von einem bis zum nächsten Zusammenstosse durchschnittlich zurücklegt (die sogenannte mittlere Weglänge) etwa gleich dem zehntausendsten Teile eines Millimeters ist. Man könnte also die Molekularbewegung mit einem Menschengedränge vergleichen, wo jeder nach kurzer Verfolgung seines Weges mit einem anderen zusammenstösst; aber wir begegnen hier schon einem drastischen Beispiele der Unvorstellbarkeit dieser molekularen Zahlen. Man bedenke 5000 Millionen Zusammenstösse jedes einzelnen Individuums im Zeitraume einer einzigen Sekunde!

Trotz der Raschheit der Bewegung entfernt sich infolgedessen jedes Molekül nur sehr langsam von der Stelle, wo es sich anfangs im Zickzack bewegte, wodurch sich auch die langsame Verbreitung eines Gases in ein anderes hinein erklärt.

Die Berechnung der allerwichtigsten Konstante stand noch aus, nämlich der Grösse des Bezirkes, innerhalb dessen ein Molekül erhebliche Wirkung auf ein anderes ausübt, wie man kurz sagt, der Grösse eines Moleküls. Besser definiert ist diese Grösse durch die Anzahl der Gasmoleküle in der Volumeneinheit, welche wir die Loschmidtsche Zahl nennen wollen, da Loschmidt der erste war, dem es gelang, diese Konstante zu berechnen. Er wies zuerst durch mühevolle Überlegungen nach, dass, wie man schon früher vermutet hatte, in allen Körpern, in denen die Moleküle ohne Unterbrechung aneinanderliegen, jedem derselben ein bestimmter Raum zukommt, der durch Druck, Temperaturänderung u. s. w. zwar etwas vergrössert oder verkleinert, aber dessen Grössenordnung nicht total verändert werden kann, wofern nicht enorme, uns ganz unbekannte Kräfte wirksam sind. Diesen Raum definierte er als die Grösse eines Moleküls. Ferner machte er wahrscheinlich, dass die Entfernungen, bis zu denen sich die Mittelpunkte zweier Gasmoleküle beim Zusammenstosse nähern, angenähert gleich den linearen Dimensionen dieses Raumes sind. Erst hierdurch war eine feste Basis zur Berechnung der Anzahl der Moleküle gegeben, und es ergab sich die Zahl der Moleküle, welche sich in 1 ccm Stickstoff bei der Temperatur 0^0 C. und dem Normal-Barometerstande befinden, rund gleich 100 Trillionen. Dies ist also die Loschmidtsche Zahl, nach deren Berechnung alle zum Ausbau der kinetischen Gastheorie erforderlichen Daten gegeben waren.

Jeder in der Geschichte der Naturwissenschaften einigermassen Bewanderte weiss, wie schwer es ist, der Natur in die Karten zu sehen. Es konnte daher einer Theorie, welche sich eines so tiefen Einblickes in den inneren Bau der Materie vermass, erst nach der sorgfältigsten Prüfung ihrer Konsequenzen an der Erfahrung Glauben geschenkt werden. Eine höchst merkwurdige Konsequenz dieser Theorie bezüglich der Abhängigkeit der Reibung vom Drucke wurde von Maxwell experimentell bestätigt. Daran anschliessende, ebenfalls ganz unerwartete Konsequenzen betreffs der Reibung in verdünnten Gasen aber fanden ihre Bestätigung durch Kundts Versuche.

Wir sahen bereits, dass aus der kinetischen Gastheorie eine grosse Langsamkeit der Mischung zweier Gase, der sogenannten freien Diffusion, folgt. Da nun alle Daten der Gastheorie bekannt waren, so konnte diese Geschwindigkeit in jedem Falle quantitativ voraus berechnet werden. Aber die Lösung des Problems, Versuchsbedingungen zu realisieren, unter denen die freie Diffusion so leicht beweglicher Körper wie der Gase genau quantitativ verfolgt und gemessen werden kann, war nur ein einzigesmal von Graham mit sehr geringem Erfolge versucht worden. Da war es wieder Loschmidt, der alle Schwierigkeiten dieses Problems glänzend überwand und die Übereinstimmung der Diffusionsgeschwindigkeit für eine sehr grosse Zahl von Gaspaaren, sowie für mannigfaltige Drucke und Temperaturen mit der von der Gastheorie berechneten nach-

wies, natürlich innerhalb der Fehlergrenzen, welche durch unsere Unbekanntschaft mit der näheren Beschaffenheit der Moleküle bedingt sind.

Der analoge Nachweis wurde später für die ebenfalls durch die Molekularbewegung bewirkte Wärmeleitung von Stefan erbracht. Auch für diese ergaben sich für sehr verdünnte Gase ähnliche Konsequenzen wie bei der inneren Reibung. Letztere wurden erst in neuester Zeit von Smoluchowsky zum Teil in Loschmidts einstigem Laboratorium unter der Leitung von dessen Nachfolger Professor Franz Exner untersucht.

Die übrigen Erfolge der Gastheorie hier anzuführen, dürfte überflüssig sein, da ich etwa vor einem Monate bei dem Naturforschertage in München ausführlich davon zu sprechen Gelegenheit hatte.[1])

Auch der Wert der Loschmidtschen Zahl selbst erfuhr die mannigfaltigste Bestätigung und Kontrolle. Nachdem schon Lothar Meier und Stoney später auf ähnlichem Wege wie Loschmidt eine ähnliche Zahl gefunden hatten, veröffentlichte Lord Kelvin, ohne damals die Arbeit Loschmidts zu kennen, seine berühmte Abhandlung über die Grösse der Moleküle. Er verficht daselbst ebenfalls die Ansicht, dass die gesamte Materie aus einer sehr grossen, aber endlichen Zahl von Bausteinen aufgebaut ist, und sucht diese Zahl annähernd zu bestimmen. Die Erfahrungsthatsachen, die er zu diesem Zwecke bezieht, sind total andere als die von Loschmidt benutzten, die Resultate stehen aber in bester Übereinstimmung. Lord Kelvin hat übrigens die Priorität Loschmidts mit englischer Vorurteilslosigkeit anerkannt. In der folgenden Zeit wurden noch zahlreiche, wieder von ganz anderen Prinzipien ausgehende und ebenfalls aufs beste stimmende Berechnungen der Loschmidtschen Zahl vorgenommen, auf die einzugehen mir hier nicht möglich ist.

Die Bedeutung der Loschmidtschen Zahl reicht also weit über die Gastheorie hinaus, sie bietet den tiefsten Einblick in die Natur selbst, die Antwort auf die Frage nach der Kontinuität der Materie. Wenn wir einen Wassertropfen vom Volumen eines Kubikmillimeters haben, so lehrt die Erfahrung, dass wir ihn in zwei Teile teilen können, von denen jeder wieder ganz die Natur des Wassers hat. Es kann auch jeder wieder in zwei solche Teile geteilt werden u. s. f. Die Loschmidtsche Zahl zeigt uns nun die Grenzen dieser Teilbarkeit. Wenn wir den genannten Tropfen in eine Trillion gleicher Teile geteilt haben, so hört die Möglichkeit der Teilung in gleichartige Teile auf. Wir erhalten Individuen, über deren genauere Beschaffenheit wir freilich sehr wenig wissen. Wir werden sie uns wohl noch weiter teilbar denken, die Art der Teilbarkeit aber wird dann eine andere. Die Teile sind nicht mehr gleichartig dem früher gegebenen Wasser.

Freilich sind dies Resultate, von deren Richtigkeit wir uns heute und vielleicht niemals durch direkte Anschauung werden überzeugen können, da die Teilbarkeit praktisch schon viel früher aufhört. Weil nun schon oft die Spekulation sich zu weit von der Erfahrung entfernt hatte und dadurch auf Irrwege geraten war, so bildete sich eine Partei, welche alle Schlüsse verwarf, die nur ein wenig über das unmittelbar Handgreifliche hinausgehen und daher auch der Gastheorie abhold war. Allein es ist ein grosser Unterschied zwischen den leichtsinnig von der Erfahrung abirrenden Phantasiegebilden der Naturphilosophen und den in bewährten Schlussformen langsam unter steter Kontrolle durch die Erfahrung fortschreitenden Methoden der theoretischen Physik. Die letzteren vermögen bis zu ganz erheblicher Tiefe in die Geheimnisse der Natur einzudringen, ohne den sicheren Boden zu verlieren, ja sie feiern gerade dann ihre höchsten Triumphe. Beispiele dafür bietet besonders die Astronomie. Kein Gebildeter hegt Zweifel an den von ihr berechneten Siriusfernen der Gestirne, obwohl zwischen denselben nie ein Sterblicher eine Messkette spannen wird. Ja aus dem Helligkeitswechsel von ein paar Lichtpunkten am Himmelsgewölbe und einer minimalen Verschiebung einiger dunklen Linien in einem lichtschwachen Farbenstreifen kann man mit zwingender Sicherheit auf die Bewegung von Massen schliessen, die unsere Sonne weit an Grösse übertreffen. Wenn sie gleich dieses Muster nicht erreichen, so haben doch auch die Schlüsse der Gastheorie in ähnlicher Weise für jeden, der sie völlig erfasst hat, einen hohen Grad von Sicherheit.

(Schluss folgt.)

1) Vergl. diese Zeitschrift I, Heft 5—9, 1899.

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

E. Warburg (Berlin), Referat über Wärmeeinheit.

Bei der Frage der Wärmeeinheit muss man auf Regnault zurückgehen. Dieser definierte als Einheit diejenige Wärmemenge, welche 1 kg Wasser von 0° auf 1° bringt. Doch ist die Fixierung auf 0° für ihn belanglos, weil er die spezifische Wärme des Wassers zwischen 0°

und 30° als konstant voraussetzt. Wir wissen aber heute, dass diese Voraussetzung nicht zutrifft; doch werden seine Angaben davon nur sehr unbedeutend beeinflusst. Ebenso durch die Zweifel hinsichtlich der von ihm benützten Temperaturskala und man kann daher zusammenfassend sagen, dass zwar die erklärten Unterlagen der Regnaultschen Kalorimetrie nach den neueren Untersuchungen nicht exakt sind, dass aber trotzdem die Regnaultschen kalorimetrischen Werte, auf die 15°-Kalorie nach dem Wasserstoffthermometer bezogen, durch die Temperaturvariation der spezifischen Wärme des Wassers nur unbedeutend beeinflusst und durch die Abweichung seiner Temperaturskala von der Wasserstoffskala wegen der glücklichen Wahl seines Thermometerglases wahrscheinlich nur mit einer Unsicherheit von 1 pro mille behaftet sind.

1870 beschenkte Bunsen die Wissenschaft mit einem neuen Präcisionsinstrument; Bunsen und andere legten bei ihren Messungen die mittlere Kalorie, genommen zwischen 0° und 100°, zu Grunde. Diese hat vor der 15°-Kalorie den Vorteil voraus, dass sie unabhängig von allen thermometrischen Messungen ist.

1879 leitete Rowland aus seinen Messungen das Resultat ab, dass die spezifische Wärme des Wassers bezogen auf die absolute Temperaturskala von 0° bis 30° abnimmt. Spätere Untersuchungen haben die Resultate Rowlands der Hauptsache nach bestätigt.

Seit man weiss, dass die spezifische Wärme des Wassers von 0° erheblich grösser ist, als die bei 20°, ist die Regnaultsche 0-Punkts-Kalorie unhaltbar geworden. Sie ist aber nicht aufgegeben worden, sondern neben ihr sind andere Einheiten aufgetreten. Dieser Zustand ist etwa mit demjenigen zu vergleichen, der auf dem Gebiete der elektrischen Messungen vor dem Elektrikerkongress von 1881 herrschte. Es ist unbedingt erforderlich, dass man sich allgemein über die zu benutzende Wärmeeinheit einigt. Auf den ersten Blick könnte es vielleicht scheinen, als ob der Techniker hieran ein geringeres Interesse hat, als der Physiker; denn dem ersteren kommt es in vielen Fällen auf 1 Proz. nicht an. Aber auch dem Kaufmann kommt es auf ein paar Mark nicht an, und doch legt er sehr grossen Wert darauf, dass seine Bücher bis auf den Pfennig stimmen. Eine Regelung dieser Frage liegt schon, wenn ich mich so ausdrücken darf, im Interesse der Buchführung des Technikers.

Um die Frage international zu regeln, wurde 1896 in Liverpool eine Kommission eingesetzt. Wir wollen die auf Anregung des Herrn E. H. Griffiths vorgeschlagenen Einheiten in Betracht ziehen:

Am besten geeignet scheint eine Arbeitseinheit zu sein, also das *Erg*. Doch würde man dadurch zu unbequem grossen Zahlen kommen; so wäre die spezifische Wärme des Wassers von 15° gleich $4189 \cdot 10^4$. Deswegen müsste man noch eine sekundäre praktische Einheit einführen. Hierzu ist vorgeschlagen 10^7 *Erg* gleich 1 Joule, welche Grösse schon in Beziehung zu den elektrischen Einheiten steht. Aber sie steht zur spezifischen Wärme des Wassers, mit dem man doch die meisten Messungen machen wird, in keiner einfachen Beziehung. Die Kommission hat daher vorgeschlagen, 4,2 Joule, die etwa der spezifischen Wärme des Wassers bei 10° entsprechen, als Einheit zu wählen und eine Kalorie zu nennen, während Griffiths dafür den Namen 1 Rowland gewählt hat.

Weiter sind verschiedene auf das Wasser bezogene Kalorien vorgeschlagen.

Dann ist noch eine latente Wärme vorgeschlagen, die ja unabhängig von den thermometrischen Beziehungen wäre; doch sind die Schwierigkeiten dabei sehr gross.

Der einzige Vorteil der auf die Arbeit begründeten praktischen Einheit scheint mir zu sein, dass die Wärme hierbei in ihrem natürlichen Masse gemessen wird. Diesem doch rein ideellen Vorteil steht aber der grosse Nachteil gegenüber, dass sie im Gegensatz zu den allgemein üblichen Einheiten steht und daher sehr schwer Eingang finden würde.

Ich würde daher, das *Erg* als theoretische Einheit beibehaltend, einer Wasserkalorie als sekundärer Einheit den Vorzug geben, und zwar nicht der mittleren, sondern einer t^0-Kalorie, weil diese bei der überwiegenden Verwendung des Wassers zu kalorimetrischen Zwecken am besten hierfür geeignet ist. In Vorschlag gebracht sind die 10°-, 15°- und 20°-Kalorie. Die 20°-Kalorie hat den Vorzug, dass 20 in der Nähe der Zimmertemperatur liegt, bei der man gewöhnlich arbeitet. Aber die 15°-Kalorie ist davon nicht sehr verschieden und bereits mehrfach benutzt. Ich würde daher geneigt sein, zu definieren: Eine Kalorie ist diejenige Wärmemenge, welche 1 g Wasser von $14\frac{1}{2}^0$ auf $15\frac{1}{2}^0$ bringt, wobei die Temperatur nach dem Wasserstoffthermometer gemessen ist.

Der Arbeitswert dieser Kalorie kann als ziemlich gut festgestellt gelten, nämlich 4,189 Joule oder $4189 \cdot 10^4$ *Erg*.

Um Messungen mit dem Eiskalorimeter hierauf zu reduzieren, muss man das Verhältnis der mittleren Kalorie zu dieser kennen. Hierfür wird 1,0052 (von Lüdin), 1,0103 (nach Dieterici), 0,9957 (von Jolly) angegeben, also Werte, die um 1,5 Proz. voneinander abweichen. Dieses Verhältnis muss also durch neue Versuche genauer bestimmt werden. Weiter würde es notwendig sein, die vorliegenden kalorimetrischen Daten auf die 15°-Kalorie zu reduzieren.

In Zukunft muss man verlangen, dass kalorimetrische Werte nur bezogen auf eine bestimmte Kalorie, am besten auf die 15^0-Kalorie angegeben werden.

Discussion.

Kohlrausch. Da die kalorimetrischen Messungen am besten bei einer Temperatur gemacht werden, die etwas tiefer liegt als die Zimmertemperatur, so erscheint unter diesem Gesichtspunkt die 15^0-Kalorie ebenfalls als sehr geeignete Einheit.

Himstedt. Ich möchte doch ein Bedenken geltend machen. Diese Grösse muss doch mit andern in Beziehung gesetzt werden, so vor allem mit der Schmelzwärme des Eises und der Verdampfungswärme des Wassers, denn Eis- und Dampfkalorimeter sind unsere genauesten Messinstrumente. Dafür scheint mir doch die mittlere Kalorie geeigneter; denn bei Messungen wird man doch nicht immer bei einer Temperatur von 15^0 arbeiten können.

Kohlrausch. Natürlich handelt es sich auch um die Frage, diese Einheit numerisch festzustellen. Die Frage scheint mir darauf hinaus zu kommen: Braucht man das Eiskalorimeter häufiger oder das Wasserkalorimeter? Mir scheint, dass das letztere der Fall ist.

Warburg. Ich kann diesen Einwand auch nur so verstehen, dass mit ihm die Frage aufgeworfen wird, ob das Eis- oder das Wasserkalorimeter häufiger gebraucht werde. Ob mit dem Eiskalorimeter die latente Wärme des Wassers bei 100^0 zu bestimmen ist, das erscheint mir sehr zweifelhaft. Es scheint mir doch, dass die meisten Messungen mit dem Wasserkalorimeter gemacht werden müssen. Die mittlere Kalorie ist dann so lange praktisch unbrauchbar, bis sie auf eine t^0-Kalorie bezogen ist.

(Von den Beteiligten durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

C. Linde (München), Die Anwendbarkeit flüssiger Luft in der Technik.

Seitdem es möglich geworden ist, beliebige Mengen von atmosphärischer Luft mit einfachen Mitteln zu verflüssigen, sind durch Publikationen aller Art der Verwendbarkeit flüssiger Luft eine Tragweite und ein Umfang zugeschrieben worden, welche meist weit über das naturgesetzlich erreichbare Mass hinausgehen. Gegenstand dieses Vortrages ist nun die Umgrenzung des positiv bebauungsfähigen Anwendungsgebietes unter Zurückweisung der zu weitgehenden und irrigen Anschauungen. Der Massstab für diese Umgrenzung muss in der Beantwortung der beiden Fragen gesucht werden:

1. Welchen Aufwand fordert die Verflüssigung einer bestimmten Luftmenge? und 2. Wie lange kann eine bestimmte Menge flüssiger Luft aufbewahrt werden? Denn thatsächlich wäre die Tragweite der Anwendbarkeit flüssiger Luft eine ungeheure, wenn sie kostenlos hergestellt und beliebig lange aufbewahrt werden könnte.

Zur Beantwortung der ersten Frage liegen Erfahrungen vor, welche mit einer grösseren Anzahl von (nahezu 50 meist an physikalische und chemische Laboratorien gelieferten) Apparaten gemacht worden sind, wonach bei den kleineren Apparaten für die Herstellung eines Kilogramms flüssiger Luft 3 bis 4 Pferdestärken gebraucht werden, während die grösste bisher betriebene Verflüssigungsmaschine 50 kg pro Stunde mit etwas weniger als 100 Pferdestärken liefert, also pro Kilogramm nicht ganz 2 Stunden-Pferdestärken bedarf. Gegenüber dem theoretischen Arbeitsminimum entspricht dies einem Wirkungsgrade von erst etwa 15 Proz. Bei grösseren Anlagen (welche etwa 1000 kg pro Tag produzieren) wird man die gesamten Kosten auf etwa 10 Pf. pro Kilogramm flüssiger Luft zu berechnen haben. Die zweite Frage beantwortet sich aus der Thatsache, dass zwar kleine Mengen flüssiger Luft in doppelwandigen, sehr gut evakuierten und versilberten Glasflaschen so aufbewahrt werden können, dass die Verdampfung 14 Tage dauert (also mit einem Verluste von etwa 0,3 Proz. pro Stunde), dass aber die grösseren (lediglich durch eine Bekleidung mit Filz oder Wolle geschützten) Blechgefasse von etwa 50 Liter Inhalt, welche bisher für technische Zwecke verwendet wurden, einen Verdampfungsverlust von etwa 2 Liter pro Stunde (also 4 Proz. pro Stunde) zeigen, so dass es noch vieler Bemühungen bedürfen wird, um diesen Verlust bei (ebenfalls doppelwandigen und versilberten) Metallgefassen etwa auf 1 Proz. pro Stunde zu bringen.

Bei der Anwendung flüssiger Luft kann es sich handeln:

1. um Benutzung ihrer niedrigen Temperatur;
2. um ihre Fähigkeit, Energie aufzunehmen und in mechanische Arbeit umzusetzen, und
3. um ihre Fraktionierung in stickstoffreiche und sauerstoffreiche Gasgemische.

Die Anwendung flüssiger Luft als Kältemittel bildet fortwährend den Gegenstand zahlreicher Anfragen und Projekte. Beachtet man aber, dass zur Herstellung von Kälte ein Energieaufwand erforderlich ist, dessen Minimum sich zu der entzogenen Wärme verhält wie $T_1 - T_2$ zu T_2, wenn T_1 die absolute Temperatur der Umgebung und T_2 die Wärme-Entziehungstemperatur bedeutet, so findet man,

dass für die in der flüssigen Luft (bei — 190° C.) verfügbare Kälte theoretisch 20mal und effektiv etwa 40mal so viel Arbeit aufzuwenden ist als in den gewöhnlichen Kältemaschinen zur Entziehung gleicher Wärmemengen bei Temperaturen, welche nur wenige Grad unter dem Gefrierpunkte des Wassers liegen. Demnach muss ausgesprochen werden: An die rationelle Verwendung von flüssiger Luft als Kaltemittel kann nur da gedacht werden, wo entweder Temperaturen verlangt sind, die mit den gewöhnlichen Kältemaschinen nicht mehr erreicht werden können (also tiefer liegen als — 50° C.), oder wo die Herstellungskosten gegenüber gewissen Vorzügen der flüssigen Luft nicht in Betracht kommen. Der erste Fall ist bisher nur bei wissenschaftlichen Arbeiten eingetreten; in der Industrie sind nur vereinzelte kryochemische Tastversuche gemacht worden. Mit dem letzteren Fall hat man es beispielsweise bei den medizinischen Anwendungen zu thun, welche zur Heilung gewisser chirurgischer Erkrankungen, wie Fussgeschwüre, Lupus, Karbunkel u. s. w. versucht worden sind auf Grund der Einwirkungen auf Infektionsprozesse, welche von länger andauernden Hyperämien begleitet sind, wie sie durch sekundenlange Aufspritzungen hervorgerufen werden. Sodann kann er in Frage kommen für Luxuszwecke (z. B. auf der Speisetafel, zur Abkühlung und Ventilation von Räumen unter gewissen Bedingungen u. s. w.).

Eng begrenzt wie das eben besprochene Gebiet ist auch dasselbe für die Anwendung flüssiger Luft zu motorischen Zwecken. Aus dem allgemeinen Wärmevorrat der Umgebung vermag sie Energie (etwa 110 Kal. pro Kilogramm) aufzunehmen und zum Teil in mechanische Arbeit umzusetzen. Allein nur etwa 3 bis 4 Proz. der zur Verflüssigung aufgewendeten Arbeit können hierbei wieder gewonnen werden. Nur vereinzelte Fälle wird es also geben, in welchen besondere Eigenschaften dieser motorischen Leistung ihren ausserordentlich ungünstigen Wirkungsgrad überbieten werden, z. B. bei Arbeiten unter Wasser (Torpedos, Unterseeboote, Taucherarbeiten u. s. w.), eventuell auch bei solchen unter Tag. Günstiger gestaltet sich die Sache, wenn man die Vergasung flüssiger Luft unter Druck kombiniert mit der Verbrennung geeigneter Substanzen z. B. Petroleum. Man kann hierdurch Kraftmaschinen herstellen, welche zwar niemals in absolutem Sinn rationell arbeiten, dafür aber den für manche Fälle überwiegenden Vorzug eines verminderten Konstruktionsgewichtes haben werden, weil einerseits die Organe für die Kompression wegfallen und andererseits nicht die Differenz der Expansions- und Kompressionsarbeit, sondern die volle Expansionsarbeit als Nutzarbeit zur Geltung kommt. Solche Kraftmaschinen mögen unter Bedingungen sich brauchbar erweisen, wie sie beispielsweise bei den Motorwagen vorliegen.

Eine motorische Leistung anderer Art weist flüssige Luft auf, wenn sie in Mischung mit oxydierbaren Substanzen zur Herstellung von Sprengstoffen verwendet wird. Hierbei kommt bereits die für das dritte Anwendungsgebiet entscheidende Erscheinung in Betracht, dass bei der Verdampfung flüssiger Luft die Verdampfungsprodukte stets reicher an Stickstoff sind, wie die Flüssigkeit, so dass letzere um so sauerstoffreicher wird, je länger die Verdampfung andauert. So stellt sich die Mischung solcher sauerstoffreicher Flüssigkeit mit Mineralöl (welches durch Kieselguhr oder Korkkohlepulver aufgesaugt ist) als ein Stoff dar, welcher mit den brisantesten in der Technik angewendeten Sprengmitteln wetteifert. Der Umstand aber, dass von dem Moment an, in welchem die mit demselben gefüllten Patronen aus der flüssigen Luft herausgenommen werden, eine Verdampfung beginnt, welche bis zum Momente der Detonation die Zusammensetzung des Sprengstoffes ändert und seine Ladedichte vermindert, macht die Handhabung schwierig, so dass die bisherigen (im Simplon-Tunnel ausgeführten) Vorversuche noch keine Entscheidung über die Grenzen seiner praktischen Verwendungsfähigkeit gebracht haben. Selbstredend ist dieselbe auch dadurch beschränkt, dass nur da der Vorzug dieses Sprengstoffes, nämlich sein geringer Herstellungspreis, erreicht sein wird, wo eine grössere Verflüssigungsanlage dauernde und regelmässige Beschäftigung findet.

Werden bei der Verdampfung flüssiger Luft in der ersten Periode die Verdampfungsprodukte gesammelt, so erhält man ein stickstoffreiches, in der zweiten Periode aber ein sauerstoffreiches Gasgemisch. Führt man die Verdampfung so durch, dass die hierbei „frei werdende Kälte" zur Kondensation einer gleichen Menge von atmosphärischer Luft verwendet wird, so beschränkt sich der Arbeitsverbrauch auf das zur Deckung der unvermeidlichen Kälteverluste erforderliche Mass. Die bisherigen Versuchsergebnisse stellen in Aussicht, dass bei nicht zu geringer Produktionsmenge 1 cbm Gas mit 50 Proz. Sauerstoff pro Stunde und Pferdestärke erzielbar sein wird. Bei sehr grossen Produktionsmengen wird sich die relative Leistung entsprechend erhöhen. Die konstruktive Lösung dieser Aufgabe ist im laufenden Jahre begonnen worden, bedarf aber zu ihrer Vollendung jedenfalls noch längerer Zeit. Unter allen Anwendungen des Luftverflüssigungsverfahrens dürfte die Herstellung sauerstoffreicher Gasgemische die wichtigste sein. Vorschläge verschiedener Art für die Benutzung solcher sauerstoffreicher Gasgemische sind von hervor-

ragenden Chemikern (insbesondere von Hempel[1]) gemacht worden, worauf hier verwiesen sei.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 19. Oktbr. 1899.)

H. Lorenz (Halle). Über den Ungleichförmigkeitsgrad von Dampfmaschinen.

Bei allen Motoren, insbesondere der Dampfmaschine, ist es erwünscht, die Winkelgeschwindigkeit der Triebwelle möglichst nahe konstant zu erhalten, also den Ungleichförmigkeitsgrad, d. h. die Differenz der grössten und kleinsten während einer Umdrehung auftretenden Winkelgeschwindigkeit dividiert durch die mittlere so klein als möglich zu machen. Um festzustellen, wie weit diese Forderung an ausgeführten bezw. durch Konstruktionszeichnungen gegebenen Maschine erfüllt ist, bedient man sich meist eines graphischen Verfahrens, indem man aus dem nach Durchlaufen eines bestimmten Bogens φ der Kurbel von ihrer Totlage aus im Getriebe angehäuften Energieüberschuss den Zuwachs der Winkelgeschwindigkeit ε ermittelt. Für die Aufzeichnung des Diagrammes für ε, bezw. die Berechnung der absoluten Werte muss man alsdann wenigstens für eine Kurbelstellung, z. B. für die Totpunktslage diese Werte kennen. Mangels dieser Kenntnis nahm man dann für diese Lage einfach die durch die Umdrehungszahl von vornherein gegebene mittlere Winkelgeschwindigkeit ε_m an. Dies Verfahren ist nun unrichtig und sollte angesichts der Bedeutung dieser Frage für den Betrieb von Dynamos und Schraubenschiffen durch ein genaueres ersetzt werden.

Bezeichnet man nämlich an einer liegenden Eincylindermaschine die Winkelgeschwindigkeit im inneren Polpunkte mit ε_0, weiter mit φ den Bogen, nach dessen Durchlaufen die Winkelgeschwindigkeit ε erreicht ist, mit m die hin- und hergehende Masse und mit M die viel grössere, auf den Kurbelradius r bezogene rotierende, so ergiebt sich aus der Differenz $L - W$ der aufgewendeten und abgeleiteten Arbeit angenähert

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_m \left(1 + \frac{m}{4M}\right) - \frac{1}{M r^2 \varepsilon_0^2} \int_0^{2\pi} (L - W)\, d\varphi .$$

Hierin bestimmt sich $L - W$ graphisch aus dem Drehkraft- und Widerstandsdiagramm, wobei noch zu bemerken ist, dass das Integral in vielen Fällen verschwindet.

Unter Verwendung mehrcylindriger Maschinen mit Kurbelschleifen ist es sogar theoretisch möglich, eine ideale Gleichförmigkeit des Ganzen zu erzielen, wenn die Drehkraft an der Kurbel für jedes einzelne Getriebe etwa durch die Funktion

$$T = A_0 + A_2 \cos 2\varphi + D_2 \sin 2\varphi$$

dargestellt werden kann. Bezeichnet man dann die Schränkungswinkel der einzelnen Kurbeln gegen die erste mit $\alpha_2, \alpha_3 \ldots \alpha_n$, weiter das Verhältnis der indizierten Arbeit der einzelnen Cylinder zu der des ersten (welcher die erste Kurbel treibt) mit $\lambda_2, \lambda_3 \ldots \lambda_n$, und schliesslich mit $k_2, k_3 \ldots k_n$ das Verhältnis der Admissionsüberdrucke in diesen Cylindern zu demjenigen im ersten, so ergiebt sich aus der Gleichung für die lebendige Kraft, dass die mit Funktionen von φ behafteten Glieder verschwinden, wenn die Bedingungen

$$\frac{4}{\pi} \Sigma \lambda \sin\left(2\alpha + \frac{\pi}{4}\right) = \Sigma k \sin 2\alpha$$

$$\frac{4}{\pi} \Sigma \lambda \cos\left(2\alpha + \frac{\pi}{4}\right) = \Sigma k \cos 2\alpha$$

erfüllt sind und wenn die Maschine selbst nach Schlickscher Methode ausbalanciert ist. Diese Bedingungen führen übrigens bei gegebenen Schränkungswinkeln stets auf eine ungleiche Arbeitsverteilung auf die einzelnen Cylinder, lassen aber in dieser Verteilung bei mehr als zwei Cylindern dem Konstrukteur einen ziemlich grossen Spielraum für die Berücksichtigung anderer Verhältnisse.

Eine eingehende Herleitung der vorstehenden Beziehung verbunden mit Beispielen für ihre praktische Verwendung wird demnächst in der Zeitschrift für Mathematik und Physik, bezw. der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vom Verfasser veröffentlicht werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Novbr. 1899.)

1) Chemische Industrie, Jahrg. 1899, No. 1.

REFERATE.



Max Reinganum, Theorie und Aufstellung einer Zustandsgleichung. (Göttinger Inaug.-Diss. 1898.)

Die Untersuchung gliedert sich in folgender Weise.

1. Prüfung der van der Waalsschen Theorie. Hier handelt es sich besonders um zwei Fragen: die Frage nach der Gültigkeit des Gesetzes der korrespondierenden Zustände und die nach der wirklichen Variabilität der van der Waalsschen Grössen a und b mit Volumen und Temperatur. Die erste Frage wird vornehmlich mit Hilfe der Methode von Raveau (Journ. de Phys. [3] 6, S. 432, 1897) dahin entschieden, dass das Gesetz der korrespondierenden Zustände hinreichend gut erfüllt ist, um für die „nicht polymerisierten Flüssigkeiten" eine gemeinsame Zustandsgleichung, die für jeden Körper nur drei specielle Konstanten enthält, aufzustellen. Die Variabilität von a und b mit Volumen und Temperatur gelingt dem Verfasser dadurch aufzufinden, dass er für verschiedene Volumina und Temperaturen a aus der inneren Ausdehnungswärme berechnet, worauf sich durch Einsetzen von a in die van der Waalssche Gleichung b ergiebt. Auf diese Weise zeigt sich, dass a und b durchaus keine Konstanten sind, sondern in erster Linie vom Volumen, in zweiter von der Temperatur abhängen. Der Nachweis geschieht an dem umfangreichen, von Young und von Amagat erbrachten Beobachtungsmaterial.

2. Die theoretische Grundlage der Zustandsgleichung. Nachdem die Notwendigkeit gezeigt ist, eine genauere Zustandsgleichung aufzustellen, wird die Lösung des Problems durch Ergänzung der Theorie versucht. Einerseits wird die Boltzmann-Jägersche Volumkorrektion, die bis zu Gliedern zweiten Grades theoretisch genau ist, eingeführt. Andererseits werden verschiedene Konsequenzen der gastheoretischen Vorstellungen, die bisher unbemerkt geblieben sind, in Rücksicht gezogen. Es handelt sich hier um die Konsequenzen der Annahme, dass sich im Innern eines Gases oder einer Flüssigkeit die Kräfte nicht völlig aufheben, sondern dass vor jedem Stoss zweier Moleküle Beschleunigungen auftreten müssen, die um so grösser sind, je geringer die Dichte der Flüssigkeit ist. Dieser Einfluss, der am Virial der inneren Kräfte und an der Volumkorrektion eine Veränderung verursacht, wird durch Anwendung des Virialsatzes und eines Satzes von Boltzmann über die räumliche Verteilung von mit Kräften begabten Punkten berechnet.

3. Aufstellung einer neuen Zustandsgleichung auf Grund der vervollständigten kinetischen Theorie. Hierbei wurde wegen Unkenntnis des Wirkungsgesetzes der molekularen Kräfte ein teilweise empirischer Weg eingeschlagen, d. h. gewisse Glieder der Gleichung haben als Ganzes theoretische Bedeutung, während die Funktionen, aus denen sie sich zusammensetzen, empirisch gefunden sind. Ausgangskörper war das von Young untersuchte Isopentan. Die Gleichung lautet:

$$\left(p+\frac{a\cdot e^{\frac{0{,}0345\,aM\left[(v-2\beta)^3+12{,}2\frac{\beta^4}{v}\right]}{\beta v^3 RT}}}{v^2}\right)\left(v-\beta e^{\frac{0{,}0726\,aM\left[(v-2\beta)^3+3.34\frac{\beta^4}{v}\right]}{\beta v^3 RT}}\right)^4=$$

$$=\frac{RT v^3}{M}.$$

(S. S. 102 der Diss.)

Abgekürzt kann man schreiben:

$$\left(p+\frac{a'}{v^2}\right)(v-b')^4=\frac{RT v^3}{M}.$$

M = Molekulargewicht.
R = 62 240.
e = Basis der natürlichen Logarithmen.

Das Gesetz der korrespondierenden Zustände ist für die obige Zustandsgleichung erfüllt.

4. Prüfungen der Zustandsgleichung.

a) Graphischer Nachweis, dass die aus der Gleichung folgende logarithmische Isothermenschar mit den empirischen koincidiert.

b) Vergleich des theoretischen Verlaufs des Dampfdruckes und der Ausdehnung von Flüssigkeit und Dampf mit den empirischen Daten.

c) Berechnung von Verdampfungswärmen bei verschiedenen Temperaturen aus der Gleichung. Alle Prüfungen ergeben eine ausserordentliche Übereinstimmung der Gleichung mit der Erfahrung.

5. In einem Anhang wird kurz im wesentlichen in Übereinstimmung mit Sutherland die Beziehung der Zustandsgleichung zur Theorie der inneren Reibung gegeben, wobei die bekannte scheinbare Abnahme des Moleküldurchmessers mit steigender Temperatur ihre Erklärung findet. Es wird gezeigt, dass die Grösse dieser scheinbaren Abnahme sich aus der kritischen Temperatur der einzelnen Gase vorausberechnen lässt.

In Bezug auf alle Einzelheiten muss auf die Dissertation verwiesen werden. *R.*

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 15. 13. Januar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Oberflächenspannung und Reibungskoefficient flüssiger Luft.

Von Carl Forsch.

Im Nachstehenden sollen vorläufige Messungen obengenannter Konstanten gegeben werden, wie sie zur Orientierung vor endgültigen Messungen nötig sind.

1. Oberflächenspannung. Dieselbe wurde nach der Methode der Steighöhe bei der Temperatur der siedenden Luft bestimmt. Um mit völlig ruhiger Flüssigkeit zu arbeiten, wurde ein mit flüssiger Luft gefülltes Reagenzglas in eine gleichfalls mit solcher gefüllte Dewarsche Flasche gestellt; der Flüssigkeitsspiegel in letzterer stand noch weit über dem Meniskus in der in dem Reagenzglas befindlichen Messkapillaren, um auch noch hier Wärmezufuhr möglichst hintanzuhalten. Die Auswertung der Kapillaren geschah in der Weise, dass an derselben Stelle, an welcher zuvor der Meniskus der flüssigen Luft gestanden, die Steighöhe des Wassers gemessen wurde und zwar bei 18°. In die Rechnung wurde als Oberflächenspannung des Wassers der Wert 7,43 mg mm eingeführt.

Der in der benutzten flüssigen Luft befindliche Stickstoff war, als die Messung stattfand, schon stark verdampft. Als die Messungen begannen, war das spezifische Gewicht auf 1,07 gestiegen. Es wird bei Kapillare IV nicht mehr weit von dem des reinen O_2 entfernt gewesen sein.

Kapillare I	$s = 1{,}07$	$\alpha = 1{,}23$ mg mm
Kapillare II	$s = 1{,}1$	$\alpha = 1{,}24$ „
Kapillare III	$s = 1{,}1$	$\alpha = 1{,}21$ „
Kapillare IV	$s = 1{,}1$	$\alpha = 1{,}31$ „

Die zur letzten Messung benutzte „Luft" war über Nacht bis auf einen kleinen Rest eingedampft und enthielt wohl fast reinen Sauerstoff. Das Absorptionsspektrum war schon in 2 cm dicker Schicht tief schwarz. — Weitere Versuche müssen lehren, ob der von den andern Werten abweichende Betrag von $\alpha = 1{,}31$ gerechtfertigt ist.

2. Reibungskoefficient. Die Messung erfolgte nach der Methode des Ausflusses durch Kapillare. Zwei kugelförmige Gefässe waren durch eine doppel-V-förmig gebogene Kapillare verbunden. Mit Wasser von 16° beschickt, hatte der Apparat eine Ausflusszeit von 132,3 Sekunden (Mittel aus 3 Messungen zu: 132,23; 132,40; 132,15 Sekunden). Der in flüssiger Luft stehende Apparat, der also hinreichend abgekühlt war, um ein Verdampfen der Luft beim Einfüllen zu vermeiden, wurde mit letzterer beschickt. Neun Versuche, deren Einzelwerte zwischen 40,6 und 41,4 Sekunden liegen, ergaben hierbei als Ausflusszeit 41,0 Sekunden. Eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Ausgangsflüssigkeit, die sich hieran schloss, ergab $s = 0{,}97$. Zur Berechnung wurde als wahrscheinlicher mittlerer Wert $s = 0{,}95$ benutzt. Hiernach ist der Wert des Reibungskoefficienten $\eta = 0{,}0033$ [c. g. s.]

Darmstadt, Phys. Inst. d. Techn. Hochschule.

(Eingegangen 29. Decbr. 1899.)

Beitrag zur Verwendung der Braunschen Kathoden-Strahlen-Röhre

von H. J. Oosting.

Im Besitze einer kleinen Drehstrom-Wechselstrommaschine und eines dazu gehörigen zweiphasigen Tesla-Motor, von der Firma

Ernecke in Berlin für den Unterricht angefertigt, habe ich untersucht, welchen Nutzen beim Experimentieren mit diesen Apparaten die Anwendung einer Braunschen Röhre gewährt. Wie Herr Cohn[1]) und besonders die Herren Ebert und Hoffmann[2]) gezeigt haben, eignet die Braunsche Röhre sich sehr gut zur Untersuchung eines Drehfeldes. Im Verlaufe der hier mitgeteilten Untersuchung habe ich die Röhre in einer neuen Weise zu verwenden gelernt.

Herr Braun[3]) hat selbst als Nachteil seiner Methode die Intermittenz der Kathodenstrahlen erkannt. Dieser Nachteil besteht nicht bei Untersuchung eines Drehfeldes und ebensowenig bei den Untersuchungen des Herrn Knut Angström[4]), macht sich aber bemerkbar bei einem einzigen Strome, wie in den Untersuchungen des Herrn Braun selbst und denjenigen von Herrn Walter[5]).

Ich habe versucht, die Kurve eines Wechselstromes photographisch aufzunehmen und dabei den Nachteil der Intermittenz des Lichtes aufzuheben durch Anpassung der Braunschen an die Fröhlichsche Methode[6]), deren Charakteristisches darin besteht, dass der verwendete drehende Spiegel von einer kleinen synchronen Wechselstrommotor getrieben wird, welcher den Strom empfängt von der Wechselstrommaschine, deren Wechselstrom untersucht werden soll. Dadurch wird erreicht, dass die von den verschiedenen Ebenen des drehenden Spiegels gebildeten Kurven sich aufeinanderlegen. Ich habe diese Methode in der Weise vereinfacht, dass die Drehung der Achse der Erneckeschen Wechselstrommaschine mittelst Zahnrädern direkt auf die Achse des Spiegelapparates übertragen wird. Von den zwei Wechselströmen, welche die Maschine geben kann, wurde nur einer verwendet und nach zwei einander diametral gegenüberliegenden Windungsabteilungen des obengenannten Tesla-Motors geleitet. Der drehende Körper des Tesla-Motors war herausgenommen und die Braunsche Röhre war so gestellt, dass ihre Achse mit derjenigen des Tesla-Ringes zusammenfiel und auf den Spiegelapparat gerichtet war. Die Verbindung der Wechselstrommaschine und des Tesla-Ringes war derart, dass der Lichtfleck der Röhre parallel der Achse des Spiegelapparates abgelenkt wurde. Auch ohne Tesla-Ring kann man natürlich denselben Zweck erreichen mittelst Indikator-Spulen, wie sie Herr Braun verwendet hat.

In den Spiegeln sieht man dann die Wechselstromkurve. Die Intermittenz war dabei noch sehr nachteilig. Richtet man aber eine photographische Kamera auf den Spiegelapparat, dann entsteht ein Bild der Kurve auf dem matten Glase oder auf der lichtempfindlichen Platte. Man wird mit einem guten Spiegelapparat gewiss in dieser Weise gute Aufnahmen machen können. Ich musste aber diese Methode verlassen, da mein Spiegelapparat nicht für diesen Zweck konstruiert war, wozu es, wie Herr Fröhlich angegeben hat, nötig ist, dass die verschiedenen spiegelnden Ebenen mittelst Schrauben genau der Achse parallel gestellt werden können, da anders die nacheinander gebildeten Kurven sich nicht aufeinanderlegen. Gerade das schlechte Gelingen dieser Versuche hat mich zu einer Vereinfachung und, wie ich meine, Verbesserung der Methode geführt. Ich habe den Spiegelapparat ersetzt durch einen auf eine Achse angebrachten hölzernen Cylinder. Auf die Cylinderfläche wurde Bromsilberpapier oder ein Eastmans Film angebracht und darauf mittelst einer Linse ein Bild des Lichtfleckes der Braunschen Röhre gebildet. Die Ablenkung der Kathodenstrahlen muss natürlich parallel der Achse der Rolle erfolgen.

Die Figur ist eine Reproduktion der in der beschriebenen Weise aufgenommenen Kurve der Erneckeschen Wechselstrommaschine, welche hierbei von einem Gleichstrommotor ge-



trieben wurde. Die Kurve ändert sich, wenn man die Stromstärke des drehenden Feldmagneten abändert, und die Grösse der Ablenkungen der Kathodenstrahlen durch Abänderung der Umdrehungszahl der Maschine konstant erhält.

Herr Walter (l. c.) hat bei seinen Untersuchungen den drehenden Spiegel auf der Achse des von ihm verwendeten Motor-Unterbrechers angebracht. Auch dabei kann der Spiegel durch die Rolle ersetzt werden.

Die nötige Expositionszeit hängt von der Maschine oder dem Induktor ab, welche die Entladungen in der Braunschen Röhre bewirken, von der Grösse der Ablenkungen, von der verwendeten Linse, von der Umdrehungszahl, dem Durchmesser der Rolle und von dem verwendeten empfindlichen Papier. Meine Röhre war verbunden mit einer Wimshurst-Maschine, der Durchmesser der Rolle war 55 mm, und er machte drei Umdrehungen gegen eine Umdrehung der Wechselstrommaschine, in der Art, dass drei ganze Wellen auf der Cylinderfläche

1) Elektrische Ströme, Zehn Vorträge, 1897, S. 174.
2) Elektrotechn. Ztschr. 1898, S. 405.
3) Wied. Ann. 60, S. 553, 1897.
4) Diese Ztschr. 1. Jhrg., S. 121.
5) Wied. Ann. 62, S. 311, 1897.
6) Elektrotechn. Ztschr., 1899.

gebildet wurden. Auf Bromsilberpapier wurden kräftige Aufnahmen in 5 Minuten, auf ein Eastmans Film in einer Minute erhalten.[1])

1) Herr Hess (C. R. 119, S. 57, 1894) hat schon angegeben, wie die Kathodenstrahlen zum photographischen Studium eines variabeln Magnetfeldes verwendet werden können. Es ist mir aus seiner Beschreibung nicht klar, ob er nur die Methode erdacht oder auch Aufnahmen gemacht hat. Bei seiner Methode würde die Intermittenz sehr störend wirken, und davon spricht er nicht. —

(Eingegangen 30. Decbr. 1899.)

Über Zusatzwiderstände zur Kohlrauschschen Brückenwalze.

Von R. Abegg.

Von Herrn F. Kohlrausch[1]) ist zur Erhöhung der Genauigkeit von Messungen mit der Walzenbrücke die Verwendung von zwei Zusatzwiderständen von je dem $4\frac{1}{2}$fachen des Brückendrahtes empfohlen worden. Da es nun häufiger darauf ankommen dürfte, die Genauigkeit der Brückeneinstellung bei sehr ungleichen Widerständen (d. h. an den Enden) als bei nahe gleichen Widerständen (d. h. in der Mitte der Brücke) zu erhöhen, so kann man darauf verzichten, die Walzenbrücke zwischen zwei gleiche Zusatzwiderstände einzuschalten. Ich habe als solche ungleiche Widerstände einen vom 8fachen Widerstande (VIII) und einen vom gleichen (I) wie der Brückendraht praktisch gefunden. Man hat dann folgende Schaltungen zur Verfügung (Br = Walzenbrücke):

1. Zusatzwiderstände auf einer Seite:

VIII — I — Br oder: Br — VIII — I;

Beide Schaltungen leisten genau dasselbe, wie die entsprechenden der zwei $4\frac{1}{2}$fachen Widerstände nach Kohlrausch; sie verzehnfachen die Messgenauigkeit im ersten oder letzten Zehntel des Brückenwiderstandes.

2. Walzenbrücke zwischen beiden Zusatzwiderständen:

VIII — Br — I oder: I — Br — VIII;

hierdurch wird das zweite oder vorletzte Zehntel der Brücke gegen die einfache Brücke an Genauigkeit verzehnfacht.

1) Wied. Ann. 56, S. 177, 1895

Man erhält also durch die beiden Schaltungsmöglichkeiten Gelegenheit, von den Enden der Brücke aus zwei Zehntel, statt eines in der Kohlrauschschen Anordnung, mit zehnfacher Genauigkeit zu durchmessen, unter Einbusse natürlich der Genauigkeitserhöhung in der Brückenmitte.

Eine solche Brücke giebt ausserdem einen sehr bequemen Apparat ab, um eine von 0—2 Volt kontinuierlich variable unmittelbar abzulesende elektromotorische Kraft mit Hilfe eines Akkumulators zu erzeugen, was z. B. zur Messung von Zersetzungsspannungen äusserst praktisch ist.

Schliesst man einen Akkumulator durch Brückenwalze + Widerstand I, so besteht zwischen den Enden je eines Decimalteiles der Walze $\frac{1}{20}$ der elektromotorischen Kraft des Akkumulators, d. h. nahe $\frac{1}{10}$ Volt. Soll dies genau $\frac{1}{10}$ Volt sein, so stellt man den Rädchenkontakt der Brücke um 0.434 von dem Ende entfernt, welches mit I verbunden ist, legt an das freie Ende von I und den Rädchenkontakt ein Clarkelement mit hintergeschaltetem Galvanometer, welches infolge von Kompensation des Clarks in Ruhe bleiben muss, wenn durch den Akkumulatorstrom, der durch I und Brücke fliesst, zwischen dem freien Ende von I und dem Rädchen 1.434 Volt erzeugt werden, oder zwischen den freien Enden von I und der Brücke genau 2 Volt bestehen. Dies erzielt man dadurch, dass man den Akkumulator nicht unmittelbar an die beiden Enden legt, sondern vermittelst eines Stückes Widerstandsdraht, auf den man die Klemme des Akkumulators so verschiebt und festschraubt, dass das Galvanometer im Clarkzweig den Strom Null anzeigt.

Der gewöhnliche Widerstand einer Walzenbrücke von circa 10 bis 15 Ohm ist etwas zu klein, um darin einen kleinen transportablen Akkumulator längere Zeit kurz zu schliessen, dagegen ist dies bei dem doppelten Widerstand sehr wohl angängig, ebenso in Rücksicht auf die Konstanz des Akkumulators wie auf eine zu verhütende grosse Erwärmung des Messdrahtes.

Man kann natürlich unter Benutzung nur des Widerstandes I die Messgenauigkeit der Walzenbrücke in allen ihren Teilen verdoppeln, was auch nützlich sein kann, während die alleinige Zufügung des Zusatzwiderstandes VIII ohne praktische Bedeutung erscheint.

Breslau, 28. Decbr. 1899.

(Eingegangen 30. Decbr. 1899.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Festrede,
gehalten am 5. November 1899 anlässlich der Enthüllung des Denkmals des Universitätsprofessors Dr. Joseph Loschmidt.

Von Ludwig Boltzmann.

(Schluss.)

Ein anderer gegen dieselben erhobener Einwand beruht auf einem Missverständnisse eines Ausspruchs Maxwells, der, wie bekannt, nicht zu den Widersachern, sondern zu den Begründern der Gastheorie zählt. Dieser führt mit besonderer Klarheit und Kraft der Überzeugung den Physikern zu Gemüte, dass alle Theorien nur geistige Bilder der Erscheinungen sind und dass es, statt zu fragen, ob eine Theorie wahr oder falsch sei, zweckmässiger ist, zu untersuchen, ob sie die Erscheinungen in der vollständigsten und einfachsten Weise darstellt. Während man diesem Gedanken Maxwells in Deutschland anfangs wenig Beachtung schenkte, so wurde er später zum Schlagworte und fand die sonderbarsten Anwendungen.

Da alle unsere Begriffe und Vorstellungen nur in uns vorhanden sind, sagte man, so können auch die Vorstellungen, die wir uns von den Atomen machen, nicht ausser uns existieren; es giebt daher keine Atome, und die Lehre von denselben ist falsch. Freilich unsere molekulartheoretischen Begriffe existieren nur in uns; aber die Erscheinungen, die ihnen konform sind, existieren unabhängig von uns, also ausser uns, und wenn wir uns heute, statt zu sagen: „Die Moleküle existieren", lieber der Phrase bedienen: „unsere betreffenden Vorstellungsbilder sind ein einfaches und zweckmässiges Bild der beobachteten Erscheinungen", so mag die neue Ausdrucksweise gewisse Vorteile haben, im Wesen aber dachte man sich bei der alten genau dasselbe.

Nun kamen gar noch die begrifflichen Kernbeisser. Sauerstoff und Wasserstoff existieren im Wasser nicht nebeneinander fort, sondern der begriffliche Kern unserer betreffenden Vorstellungen ist bloss, dass und in welchen Quantitäten sie wieder zum Vorschein kommen. Dieses und ähnliche Argumente sollten gegen die Atomistik sprechen.

Gerade so reduziert sich der begriffliche Kern aller unserer Anschauungen von der Fixsternwelt auf die Wahrnehmung von Lichtpunkten und schwachen Farbenbändern mit dunklen Linien, und doch schliessen wir aus diesen auf zahllose Welten, grösser als die unserige. Ja, wie schon Fichte auffiel, unterscheiden sich die Wahrnehmungen der wirklichen Gegenstände überhaupt nicht qualitativ, sondern nur quantitativ durch grössere Regelmässigkeit und Beharrlichkeit von den Erinnerungen und Träumen. Wenn ich sage, fremde Länder und Menschen existieren, so ist der begriffliche Kern davon eigentlich nur die Thatsache, dass auf gewisse energische Vorstellungen, die man Willensakte nennt (das Lösen der Fahrkarte, Besteigen des Eisenbahnwagens u. s. w.) konsequent und nur vorübergehend durch Schliessen der Augen, Einschlafen oder erst nach einer langen Vorstellungsreihe (durch Rückfahren) abweisbar eine enorme Fülle neuer Vorstellungen folgt, die mittelst Landkarte, Fahrplan u. s. w. mit bewunderungswürdiger Genauigkeit vorher sehbar sind. Davon unterscheidet sich die Erinnerung an die Reise nicht qualitativ; auch an sie knüpfen sich, bevor wir es hindern können, mit Zwang etliche Vorstellungen an; aber diese sind viel unbeständiger, in der kürzesten Zeit sind wir im Stande, sie wieder los zu werden, gewissermassen die Rückreise anzutreten.

Wer sich ausreichend in diese Anschauung verbissen hat, dem scheint es nicht mehr sonderbar, dass oft blosse Vorstellungen in ähnlicher Weise auf unser Gemüt wirken wie die Wirklichkeit (was man in einem fort, so beim Eindrucke eines Romans oder rührenden Theaterstückes, bei der Emotion durch den blossen Gedanken an ein grosses Glück oder Unglück, oder durch erotische Vorstellungen bemerken kann), er staunt vielmehr bloss, dass im allgemeinen doch die Wirklichkeit einen so erheblich stärkeren Eindruck macht als die blosse Vorstellung.

Ich bin der letzte, der eine solche bis zum äussersten getriebene Analyse der Elemente unseres Denkens für uninteressant hält; aber bei Beurteilung der Atomtheorien haben wir sie genau ebensowenig zu Rate zu ziehen, wie beim Entwurf unseres Reiseplanes.

Phantastischer Spekulationen über die nähere Beschaffenheit der Atome müssen wir uns enthalten; aber dass gewisse Diskontinuitäten im inneren Bau der Materie vorhanden sind, das wird für immer eine der wichtigsten Thatsachen der Naturwissenschaft bleiben; und eine der grössten wissenschaftlichen Entdeckungen, die der Grössenordnung der Dimensionen, an welche diese Diskontinuitäten gebunden sind, ist von niemand anderem als unserem Loschmidt gemacht worden. Daran lässt sich einmal nichts

mäkeln. Entschuldigen Sie, dass ich es so scharf hinsage, es ist einfach unbestreitbar wahr.

Die anderen auch sehr bemerkbaren Arbeiten Loschmidts, die besonders den sogenannten zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, die Elektrodynamik und stationäre Strömung, Optik, Krystallographie u. s. w. betreffen, will ich hier nicht weiter analysieren, um Ihre Geduld nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen.

Wir Österreicher sind doch sonderbare Leute. Wenn einer von uns etwas recht Grosses leistet, so genieren wir uns förmlich, wir getrauen uns gar nicht recht, es öffentlich zu sagen. So riet noch unlängst ein Kollege, die Loschmidt-Feier auf einen möglichst intimen Kreis zu beschränken. Andere Menschen sind da ganz anders. Sie glauben sich selbst zu ehren, wenn sie ihre grossen Männer verherrlichen, und es muss als rührend bezeichnet werden, wenn sie im Eifer über das Ziel hinausschiessen und vor Begeisterung daraus fast Halbgötter machen, während die Geschichte dann freilich lehrt, dass es Menschen waren, und gerade übertriebenes Lob oft Entgegnungen provociert, die in der hässlichsten Weise ins andere Extrem verfallen.

So sind für Du Bois-Reymond die wirklichen Verdienste Helmholtz' nicht gross genug; er scheut sich nicht, diesen dazu noch mit fremden Federn zu schmücken, Robert Mayer herabzusetzen, Helmholtz' Verdienste um die elektromagnetische Lichttheorie zu übertreiben und eine die Erklärung der Gravitationstheorie betreffende Phrase vorzubringen.

Wenn auf der einen Seite wir uns fast fürchten, unsere grossen Männer zu feiern, so haben diese manches Mal wieder in nicht minderem Grade eine Scheu, Anerkennung zu finden. Ich habe dies schon vor vier Jahren in einer ebenfalls in diesen Räumen gehaltenen Ansprache als eine Charaktereigentümlichkeit unseres dahingegangenen Kollegen Stefan bezeichnet, die ich nicht billigen konnte. Sie raubt nicht nur dem, der sich ihr hingiebt, manche Lebensfreude, sie hemmt auch seinen Kontakt mit der übrigen wissenschaftlichen Welt und schmälert dadurch die Erfolge seiner Thätigkeit; wer gleichmässig nach grossen Leistungen und äusserer Anerkennung strebt, erscheint daher als der Vollkommenere, Bessere.

In noch weit höherem Masse lag diese Eigentümlichkeit im Charakter Loschmidts. Woher mag dies kommen? Sollte dem, der die grössten Schwierigkeiten in der Gedankenanalyse und im Experimente spielend überwand, die Kunst schwergefallen sein, die doch mancher Unbedeutende so leicht trifft, die Kunst, sich selbst geltend zu machen, oder ist es doch die höchste Seelengrösse, gegen äussere Anerkennung gleichgültig zu sein? Ich weiss es nicht.

Ein Dichter bezeichnet es als die schönste Freude, einem Freunde in einer Weise Gutes gethan zu haben, dass diesem jede Möglichkeit fehlt, es wiederzuvergelten. Welche Wonne muss es hiernach wohl sein, für die ganze Menschheit Grosses gethan zu haben und dahinzugehen, ohne dass sie vergolten hat?

Wie rührend ist es, wenn Loschmidt, dem die Wissenschaft persönlich so wenig äussere Vorteile brachte, am Schlusse seines Vortrages über die Weltanschauung der modernen Naturwissenschaft die sichere Hoffnung ausspricht, dass die Forschung einst für die Menschheit das goldene Zeitalter heraufführen werde. Ich fürchte, da täuschte er sich; das goldene Zeitalter, das er in der Zukunft nahend wähnte, es lebte wohl einzig in seiner Brust, und nur wenige Gottbegnadete werden seiner teilhaftig, niemals wir, die wir aus spröderem Stoffe gemacht sind.

Schiller reiht an den letzten Seraph den ersten griechischen Seher; an Stelle dieser uns doch so fern stehenden Figur möchte ich kaum einen Berliner Geheimrat, eher wohl einen Loschmidt setzen. Der Gedanke an solche Männer vermag auch noch in den heutigen Zeitläuften unseren Glauben an den Idealismus aufrecht zu erhalten, der ja so oft von Tacitus bis auf Massenet gerade dem deutschen Volke nachgerühmt wurde, und wenn uns das Leben schal erscheint, dann klagen wir nicht, sondern freuen uns, dass es uns vergönnt ist, auf einer Erde zu leben, die mit den Leibern solcher Menschen gedüngt ist, und in einer Wissenschaft zu wirken, welche die Geister solcher Denker befruchtet haben.

Alles in der Welt, sagt man so oft, wird durch das Gold regiert und glaubt da die höchste Weisheit zu verkünden. Gewiss ist das Gold ein genial erfundener Wertmesser; sein Besitz ist wünschenswert, als Mittel zu manchem guten Zwecke; ich gehöre nicht zu jenen, die mit Nestroy sagen, ich möchte kein Millionär sein, nicht um eine Million; aber andererseits möchte ich wissen, welches wahre, den Menschen dauernd befriedigende Gut für Gold zu haben ist, und es dürfte auch nicht schwer fallen, zu zeigen, dass das menschliche Streben in Wahrheit nicht nach Gold gerichtet ist.

In der Luft ist weniger von der neu entdeckten merkwürdigen Substanz, dem Xenon, enthalten als in einer gleichen Menge Meerwasser Gold enthalten ist, und doch ist es noch keinem Industriellen eingefallen, aus Meerwasser Gold zu erzeugen, aber Ramsay hat die Mühe nicht gescheut, aus Luft Hunderte von Kubikcentimetern Xenon zu gewinnen, denn dieses ist wertvoller als Gold; es ist eine Münze, für die wir ein wahres Gut, nämlich neue Natur-

kenntnisse, eintauschen können; ähnlich verhält es sich mit anderen seltenen Elementen: Radium, Polonium, Neodym u. s. w., die im buchstäblichen Sinne teurer als Gold sind.

Nun ist Loschmidts Leib in seine Atome zerfallen; in wie viele, können wir aus den von ihm gewonnenen Prinzipien berechnen, und ich habe, damit es in einer Rede zu Ehren eines Experimental-Physikers nicht an jeder Demonstration fehle, die betreffende Zahl dort an die Tafel schreiben lassen. (10 Quadrillionen.) Diese Zahl ist freilich eine runde. Das kleinste Härchen würde Billionen hinzufügen; es können zehnmal so viel oder auch zehnmal so wenig, sagen wir hundertmal so viel oder so wenig Atome sein, aber grösser ist der Fehler wohl sicher nicht. Sie werden begreifen, dass bei einer Zahl, von deren Grössenordnung man vorher nicht die leiseste Ahnung hatte, selbst eine so ungefähre Bestimmung schon eine Errungenschaft ist, begreifen die Worte des eingangs gehörten Liedes: Kannst du den kleinsten Staub fühllos beschau'n?

Beim ersten Anblicke des neu errichteten Denkmals konnte ich mich nicht enthalten, nach Lessing auszurufen: Loschmidt, dein Denkmal dieser Stein? Du wirst des Steines Denkmal sein! Nun ist die Hülle seines Denksteins für jeden gefallen, wann wird der Schleier fallen, der noch so vielen das Verständnis seiner Werke verhüllt?

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

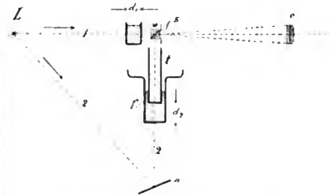
von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

F. F. Martens (Berlin), Ein Kolorimeter als Zusatzapparat für Spektroskope mit Wellenlängeskala.[1])

Das neue Kolorimeter hat vor den bisherigen Spektralkolorimetern die Vorzüge, dass 1. die Trennungslinie der in Bezug auf ihre Helligkeit zu vergleichenden Flächen, der Vergleichsfelder, sehr fein ist und bei der Einstellung auf gleiche Helligkeit verschwindet; 2. dass das kleine Instrument an jedem Spektroskop nach Kirchhoff-Bunsen ohne weiteres angebracht werden kann.

Das Spektroskop ist zweckmässig so eingerichtet, dass von der Prismenfläche, welche dem Fernrohr zugekehrt ist, das Spiegelbild einer Wellenlängeskala im Gesichtsfeld entworfen wird. Die Figur zeigt das Kolorimeter in Verbindung mit einem solchen Spektroskop. *s* ist der Spalt, *o* ist das Objektiv des Kollimators. Vor dem Spalt ist ein Lummer-Brodhun'scher Würfel *w* angebracht. Die Lichtquelle *L* beleuchtet auf dem Wege 1 durch den Würfel *w* hindurch die obere Hälfte, auf dem Wege 2 nach Reflexion des Lichtes am Spiegel *a* und an dem versilberten, stark gezeichneten Teil der Hypotenusenfläche von *W* den unteren Teil des Spaltes. Der Beobachter sieht zwei Spektra übereinanderliegen und stellt das Okular scharf auf das Bild der oberen Silberkante, die Trennungslinie der beiden Spektra, ein. Wünschenswert ist, dass ein Okular verwandt wird, dessen eine Linse schwach cylindrisch ist, damit der Beobachter die Grenze zugleich mit den Spaltbildern scharf sieht, und dessen Sehfeldblende durch einen verstellbaren Spalt abgeblendet werden kann.

Die Lichtstrahlen 1 durchsetzen nun eine Flüssigkeitsschicht von konstanter Dicke d_1; die Strahlen 2 eine Schicht von der variablen Dicke d_2. Die Schichtdicke d_2 wird durch Heben und Senken des Flüssigkeitsgefässes *f* gegen das Tauchrohr *t* geändert und an einer mm-Skala direkt abgelesen.



Die Beobachtung geschieht in der Weise, dass man zunächst ohne Flüssigkeitströge durch Drehen des Spiegels *a* auf gleiche Helligkeit der beiden Spektra einstellt. Dann setzt man die Flüssigkeitströge an ihre Stelle und stellt nun durch Verschieben von *f* auf gleiche Helligkeit der übereinanderliegenden Teile beider Spektra ein. Haben die untersuchten Lösungen stark ausgeprägte Absorptionsbanden, so ist die gleiche Breite der Banden ein sehr empfindliches Kriterium für die Einstellung.

[1]) Demonstriert am 21. Sept. 1899 auf der 71. Vers. deutscher Naturforscher und Ärzte in München.

Sind bei der Einstellung auf gleiche Helligkeit der Spektra in der Region der Wellenlänge λ d_1 und d_2 die Schichtdicken, ε_1 und ε_2 die Extinktionskoefficienten für die Wellenlänge λ, c_1 und c_2 die Konzentrationen der oberen bezw. unteren Flüssigkeit, so hat man die Gleichungen

$$\varepsilon_1 \,.\, d_1 = \varepsilon_2 \,.\, d_2 \,,$$

$$\frac{c_1}{\varepsilon} = \frac{c_2}{\varepsilon_2} \,.$$

Wird die Konzentration c_1 einer Lösung gesucht, während die Konzentration c_2 der anderen Lösung desselben Stoffes bekannt ist, so hat man

$$c_1 = c_2 \,.\, \frac{d_2}{d_1}$$

(Eingegangen 17. Oktbr. 1899.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

REFERATE.



Physikalische Physiologie.

Besorgt von Privatdocent Dr. H. Boruttau.

(1) **R. v. Zeynek, Über die Erregbarkeit sensibler Nervenendigungen durch Wechselströme.** Nachr. von der Königl. Gesellsch. der Wissensch. in Göttingen, math.-physik. Kl., 1899, S. 94.

(2) **W. Nernst, Zur Theorie der elektrischen Reizung.** Ebenda, S. 104.

Zeynek (1) hat in Nernsts Institut die Erregbarkeit der sensiblen Hautnervenendigungen beim Menschen durch Wechselströme der verschiedensten Frequenz resp. Quelle (vom Kohlrauschschen Sinusinduktor bis zu Tesla-Strömen) untersucht und gefunden, dass bei höheren Frequenzen die Stromintensität für die Reizschwelle proportional der Quadratwurzel aus der Wechselzahl ansteigt.

Hieran knüpft Nernst (2) einen kurzen Beitrag zur Theorie der elektrischen Reizung, in welchem er auf rechnerischem Wege zu einem ebensolchen Gesetz für die Konzentrationsänderung an einer halbdurchlässigen Membran bei Einwirkung von Wechselströmen gelangt. Er benutzt diese Gelegenheit, um darauf hinzuweisen, dass Ionenverschiebungen, d. h. Konzentrationsänderungen, die Ursache aller physiologischen Effekte elektrischer Einwirkungen im lebenden Gewebe sein müssen, ohne sich von der besonderen Form, Struktur und Grösse der „Zellen" (im allgemeinsten Sinne) besonders Rechenschaft geben zu wollen, vielmehr um „die in physiologischen Fragen Berufeneren zur Entwickelung der Theorie der Nervenreizung durch langsamen Wechselstrom und Gleichstrom anzuregen". — Boruttau.

(1) **M. Cremer, Zum Kernleiterproblem.** Zeitschr. f. Biologie, Bd. 37, S. 550; 1899. Auch schon in Sitzungsber. der Münchener Gesellschaft f. Morphologie und Physiologie, 1899, 17. Januar.

(2) — **Zur Theorie der Nervenfunktion.** Ebenda, 1899, 2. Mai.

(3) **L. Hermann, Zur Theorie der Erregungsleitung und der elektrischen Erregung.** Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 75, S. 574.

(4) **H. Boruttau, Die Theorie der Nervenleitung.** Vorläufige Mitteilung. Ebenda, Bd. 76, S. 626.

Hermann und Samways (1886) sowie Referent (1894) haben an Kernleitern (Metalldrähten mit Flüssigkeitshüllen; auch konzentrische Kombinationen aus zwei in porösen Nichtleitern imbibierten oder gelatinierten Flüssigkeiten) elektrische Wellenerscheinungen beobachtet, welche mit der „Negativitätswelle" (Aktionsstrom) erregter Nerven- oder Muskelform mehr oder weniger weitgehende Analogieen zeigen. Cremer (1) sucht nun die Vorgänge am Kernleiter mit polarisierbarer Grenzfläche mathematisch zu analysieren, gelangt indessen für den Fall der Abwesenheit äusserer Ströme nur zur Fourierschen Wärmegleichung, für den Fall der Zuleitung eines Stroms zum Auftreten in der Achsenrichtung wandernder Maxima und Minima, sog. „Pseudowellen". Als solche deutet er die von Hermann und Boruttau beobachteten Erscheinungen. In der zweiten Mitteilung deutet derselbe (2) an, dass man zur Wellengleichung gelangen könne, wenn man „die Negativität nicht nach bekannten, rein physikalisch-chemischen Prinzipien, sondern durch eine specifische physiologische Thätigkeit der Kernsubstanz unter dem Einflusse des die Grenzfläche durchsetzenden Stroms etwa so sich ändernd denke, wie der vertikale Weg einer Flintenkugel unter dem Einflusse der Erdschwere". Er hält also die Zuhilfenahme des („vitalen") Thätigkeits- oder Dissimilationsbegriffs ausser der Polarisation für notwendig zu einer Theorie der Nervenleitung.

A priori von einem solchen aus geht Hermann (3): Indem er Ansätze formuliert dafür, dass erstens der Nerv elektrisch erregbar ist und dem du Bois-Reymond'schen allgemeinen Erregungsgesetz $\varepsilon = \alpha \frac{di}{dt}$, sowie dem Bezold-Pflügerschen polaren Erregungsgesetz (Er-

regung beim Schliessen an der Kathode, beim Öffnen an der Anode) folgt, dass zweitens an jeder erregten Stelle eine Potentialdifferenz gegen die Umgebung auftritt mit demjenigen des „Erregungsgefälles" entgegengesetzten Vorzeichen (Aktionsstrom), und dass drittens der Nerv ein Kernleiter mit polarisierbarer Grenzfläche ist, — gelangt er zu einer Gleichung, welche „etwas von der Wärmegleichung an sich hat, aber auch etwas von der Gleichung einer echten Welle" mit konstanter Fortpflanzungsgeschwinkeit und mit Dekrement.

Referent (4) berichtet über diesen Stand der Dinge und macht darauf aufmerksam, dass bei der Zusammensetzung der Nerven- und Muskelfasern nicht aus Metall und Elektrolyt, sondern ausschliesslich aus Elektrolyten von Polarisation im gewöhnlichen Sinne nicht geredet werden dürfe, sondern dass es sich um Konzentrationsänderungen an einer (konzentrischen) semipermeablen Membran handele (im Sinne der oben referierten Anregung Nernsts). Ferner erinnert er daran, dass er seiner Zeit ein elementares Schema für die Entstehung der Welle durch fortschreitende Elektrolyse — jetzt Ionenbewegung — entworfen hat: zulässig werde dies, und die Welle lasse sich mathemathisch ableiten durch Einführung einer wie Selbstinduktion wirkenden Eigenschaft des Kernleiters, was schon Hermann für die von ihm als solche eingeführte Erregung erwähnt hat: Referent weist darauf hin, dass die Annahme einer Trägheit der Ionen (welche bekanntlich als nicht vorhanden angenommen wird) ebenso wirken würde, also eine rein physikalisch-chemische Erklärung des physiologischen Vorgangs der Nervenleitung gestatten würde. —

Boruttau.

TAGESEREIGNISSE.

Van't Hoff-Jubiläum.

Am 22. Dezember wurde in Rotterdam dem Schöpfer der modernen Chemie J. H. van't Hoff von seinen Schülern, aus Anlass des 25. Jahrestages seiner Doktor-Promotion, ein Jubelfest gegeben, welches gleichzeitig das 25 jährige Jubiläum der ersten seiner genialen Theorien — der räumlichen Auffassung der Strukturformeln, des Prinzipes der Stereochemie — bedeutet. Schon im September 1874 veröffentlichte van't Hoff in holländischer Sprache seine berühmte Brochure: „Vorstellung zur Ausdehnung der gegenwärtig in der Chemie gebrauchten Strukturformeln in den Raum, samt einer damit zusammenhängenden Bemerkung über den Zusammenhang zwischen der optischen Aktivität und chemischen Konstitution organischer Verbindungen", der im Dezember die schlichte Dissertation „Beiträge zur Kenntnis der Cyanessigsäure und Malonsäure" (Utrecht) folgte.

Was van't Hoff der exakten Wissenschaft im Laufe dieser 25 Jahre an genialen Ideen und mustergiltigen Forschungen dargebracht hat, braucht hier nicht erörtert zu werden. Die Schaffung einer chemischen Dynamik und Thermodynamik, wie die Theorie der Lösungen und des osmotischen Druckes, sind ein monumentum aere perennius.

Nachmittags 3 Uhr versammelten sich in den Räumen der „Batavsche Genootschap for proefunderfindelige wijsbegeerde" um den Jubilar und seine Familie die Mitglieder der Genootschap und eine grosse Reihe seiner holländischen und ausländischen Fachgenossen — unter den letzteren Ostwald-Leipzig, Spring-Lüttich, du Bois-Berlin, Lorenz-Zürich, Bredig-Leipzig, Meyerhoffer-Berlin, Ikeda-Tokio.

Neben den Ansprachen der offiziellen Vertreter der Stadt Rotterdam und mehrerer gelehrter Körperschaften, von Freunden, Schülern und Studenten, sei genannt die Überreichung des ersten Jubelbandes der Zeitschrift für physikalische Chemie durch ihren Herausgeber Ostwald und durch Meyerhoffer, den Vertreter der persönlichen Schüler van't Hoffs, aus deren Beiträgen er besteht, und der Biographie[1]) des Jubilars durch ihren Verfasser Dr. Cohen-Amsterdam.

Dass eine ungeheure Zahl von Telegrammen die Teilnahme der Gelehrten aller Länder der Welt bekundeten, braucht nicht versichert zu werden, auch nicht, dass eine Reihe begeisterter Toaste und Huldigungen bei dem später folgenden Festmahl die gleiche Stimmung der Festgäste erkennen liess, um so begeisterter, je schlichter und bescheidener sie von dem Jubilar entgegengenommen wurden.

1) Im Verlag W. Engelmann, Leipzig, erschienen.

R. Abegg.

(Eingegangen 30. Dezbr. 1899.)

Personalien.

W. Kübler, Bureauchef der Firma Siemens und Halske ist zum a. o. Prof. für Elektromaschinenbau an der Technischen Hochschule in Dresden ernannt.

Ebendort hat sich E. Seefehlner für Elektrotechnik habilitiert.

In Würzburg hat sich Dr. H. Ley für Chemie habilitiert.

Die a. o. Professoren an der Universität Basel, Dr. Albert Riggenbach (Astronomie und Meteorologie) und Dr. G. A. W. Kahlbaum (Chemie) wurden zu o. Professoren ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 16. | 20. Januar 1900. | 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine Methode zur Erkennung und Trennung von rechts- und linksdrehenden Krystallen.[1])

Von D. Albert Kreider.

Da hemiedrische Flächen relativ selten vorkommen, so muss man sich bei der Erkennung und Trennung optisch aktiver Krystalle auf ihre optischen Eigenschaften stützen. Bisher wurden dazu gewöhnlich das Polarimeter oder das Polarisationsmikroskop verwendet. Bei diesen Apparaten ist indessen die Beobachtung immer nur auf einen Krystall gleichzeitig beschränkt.

Die unten beschriebene einfache und ausserdem äusserst empfindliche Anordnung erweist sich als wesentlich zweckmässiger, indem sie gestattet, ein ganzes Häufchen von Krystallen mit einem Blick zu prüfen oder ihre optische Natur während des Wachstumes zu untersuchen, ohne sie irgendwie zu erschüttern.

Charakteristisch für dieselbe ist ein grosses und gleichmässig gefärbtes Gesichtsfeld, von einer solchen Farbe, dass eine in dasselbe gebrachte Mischung von rechts und links drehenden Krystallen verschiedene Farben annimmt, auffallend genug, sie leicht unterscheiden und trennen zu können. Der Apparat besteht aus Nicolschen Prismen und optisch aktiver Substanz, wozu sich besonders ein Krystall von der Art eignet, die man gerade untersucht. Wenn die zwei Nicols gekreuzt stehen und der Krystall zwischen dieselben gebracht wird, so wird auffallendes weisses Licht wieder durchgelassen, d. h. es erscheinen Farben, die wechseln, wenn man den Analysator dreht. Wenn der letztere so eingestellt ist, dass eine blaue Farbe erscheint und dann so weit gedreht wird bis das Blau gerade in Purpur übergeht, so hat man ein sehr empfindliches Feld, in welchem Krystalle von derselben Natur wie der „Feldkrystall" die blaue Farbe wieder herstellen, während solche von entgegengesetzter Natur rote oder fleischfarbige Töne erzeugen. Die Natur des Feldkrystalls, welcher dicker sein soll als alle zu untersuchende Krystalle, wird durch die Richtung der kleinsten Umdrehung des Analysators (von der gekreuzten Stellung der Nicols aus gerechnet) bestimmt, welche blaue Färbung bewirkt. Nach dieser Festsetzung bestimmt die Farbe, welche ein in das Feld gebrachter Krystall annimmt, sofort seine Natur. Wenn man die Krystalle auf einem Glasstreifen ausbreitet, kann man sie bequem durch das Feld hindurchbewegen und, wenn gewünscht, trennen, indem man alle diejenigen heraussucht oder auf die eine Seite schiebt, welche die blaue Färbung verstärken. Die Figur zeigt die Anordnung der einzelnen Teile, welche einfach mittelst Klammern eines Universalstativs festgehalten wurden. Die Lichtwelle war ein Argand oder Welsbachbrenner, welcher sein Licht von *a* aus auf den Spiegel *b* warf, der es vertikal in den Polarisator *c* reflektierte. Über dem Nicol war eine bikonvexe Linse *d* mit kleiner Brennweite und in seinem Brennpunkt der Feldkrystall *e* von Chornatrium befestigt, von einer Korkscheibe gehalten. Auf diese Weise war das sämtliche Licht der Rotationspolarisation ausgesetzt und bildete ein stark divergirendes Bündel. An der Stelle, wo der Lichtkegel einen Querschnitt von ungefähr 7—8 cm Durchmesser hatte, war eine plankonvexe Linse von grösserer Brennweite mit













1) Ausführlich in Americ. Journ. of Science, S. 133, 1899.

der ebenen Seite oberhalb angebracht; auf diese wurde ein Glasstreifen gelegt, der als Tisch für die zu untersuchenden Krystalle diente. In dem Vereinigungspunkt des durch die zweite Linse gegangenen Lichtes wurde der analysierende Nicol aufgestellt, durch den die Krystalle direkt beobachtet wurden, indem man das Auge *ab* näherte. Drehte man den Analysator, so zeigten die Krystalle den erwarteten Farbenwechsel und konnten aufs Schönste unterschieden werden. Natürlich mussten die Krystalle bei der Untersuchung vor diffusem Lichte geschützt werden.

Gleane Physical Laboratory, Yale University, U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen 2. Jan. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über den Zusammenhang der Maschinentechnik mit Wissenschaft und Leben.

III. Teil der am 19. Oktober 1899 in der[1]) Festhalle der Königlich Technischen Hochschule zu Berlin anlässlich ihrer Jahrhundertfeier gehaltenen Festreden.

Von Otto Kammerer.

An festlichem Tag ist es Pflicht, das langgestreckte Thal des Fachwissens zu verlassen und von der Bergspitze eines allgemeineren Standpunktes Umschau zu halten nach den Saumpfaden, die in das vielgestaltige Gelände der verwandten Künste und Wissenschaften führen.

Die Maschinenbaukunst bildet heute ein so weitgedehntes Arbeitsfeld, dass der Einzelne nur auf einem kleinen Teil desselben schürfen und muten kann. Allzu nahe scheint daher die Gefahr der Absonderung, des Einseitigwerdens gerückt, und es mag wohl die Frage aufgeworfen werden: Ist zu befürchten, dass der auf technischem Gebiet Thätige den Blick für öffentliches Leben und für Gemeinwesen verliert und unbrauchbar wird für Lösung allgemein menschlicher Aufgaben, oder ist technische Wissenschaft so untrennbar mit allen Gebieten des Schaffens verknüpft, dass nur der Ingenieur fruchtbringend arbeiten kann, der über die Enge des Faches hinaussieht auf die Weite des Lebens?

Zur Beantwortung dieser Frage möge der Versuch gestattet sein, die bedeutendsten Wissensgebiete auf ihren Zusammenhang mit der Ingenieurthätigkeit zu prüfen.

Wenn wir unter den Wissenschaften, welche die Technischen Hochschulen pflegen, Umschau halten, dann geziemt es sich, als das dem Maschinenbau stammverwandteste Gebiet den Schiffbau an erster Stelle zu nennen.

Wie die Maschine aus Eisen und Stahl mit umfangreichen mechanischen Hilfsmitteln unter Mitwirkung gesteuerter Naturkraft nach wissenschaftlich konstruiertem Plane entsteht, so erwächst auch das moderne Schiff aus Stahl, auf Werften, die mit kraftvollen Werkzeugmaschinen ausgerüstet sind. Gleiche geistige Arbeit und gleiche Hilfsmittel wirken bei der Entstehung.

Diese Verwandtschaft mag aber eine äusserliche sein: das Segelschiff vertraut sich einer Naturkraft an, aber es beherrscht sie nicht. Mit dem Auftreten der kraftspendenden Kohle ändert sich das Bild. Anfangs ist die Dampfmaschine unentwickelt gegenüber der Masse des Schiffes; mit der Vervollkommnung der Dampfmaschine hinsichtlich des Kohlenverbrauches und mit der Verminderung ihres Eigengewichts wächst die Maschinenleistung im Verhältnis zur Wasserverdrängung, die Schiffsgeschwindigkeit und die Manövrierfähigkeit steigen. Die Beherrschung der mechanischen Energie macht das Schiff sicher und frei.

Die Verwendung gebändigter Kraft beschränkt sich nicht auf die Bewegung des Propellers; erfordert doch die Umstellung des Steuerruders eines modernen Schnelldampfers allein eine Energie von etwa hundert Pferdestärken.

Die Manöver mit Ankern und Booten, die Bewegung der Schiffsladung, die Lüftung, Beleuchtung und Kühlung der Schiffsräume verlangen Kraftverteilung über das ganze Schiff.

Alle diese Aufgaben aber, welche der Schiffbau dem Maschinenbau stellt, wird nur der Ingenieur lösen können, der mit der Eigenart der Schiffahrt vertraut ist und der sich bewusst ist, dass er die Schiffahrt fördern muss, nicht einseitig den Maschinenbau.

Das Bau-Ingenieurwesen hat zu zwei verschiedenen Zeiten beherrschte Naturkraft und damit den Maschinenbau in seinen Bereich gezogen. Der erste Einbruch erfolgt in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts: die Lebensarbeit Stephensons, die Lokomotive, erschliesst dem Bau-Ingenieur ein ganz neues Arbeitsfeld. Gleichzeitig treten anstelle der vordem ausschliesslich bautechnischen Hilfs-

1) Vgl. diese Zeitschrift I, S. 70.

mittel Werkzeuge, die durch mechanische Energie bethätigt werden: Dampframmen, Bagger, Gesteinsbohrmaschinen, Transport- und Hebemaschinen. Dabei ist die Maschine indessen nur Werkzeug, das mit Vollendung des Baues verschwindet.

Als neues Glied aber erscheint der Maschinenbetrieb bei seinem zweiten Einbruch in das Bau-Ingenieurwesen jetzt zu Ende des neunzehnten Jahrhunderts. Die Einführung der mechanischen Energie in den Kanalbetrieb in Gestalt von Maschinenschleusen, Schiffshebewerken und schiefen Ebenen eröffnet den modernen Wasserstrassen bergige Gelände, die ihnen bisher verschlossen waren, schafft dadurch Umgestaltungen im volkswirtschaftlichen Leben und stellt dem Maschinenbau völlig neue Aufgaben.

Ein dritter Einbruch des Maschinenwesens wird vielleicht dann zur That werden, wenn die Fernleitung elektrischer Energie die Bannmeile der Städte überspringt und die Fernbahnen in ihren Bereich zieht, nachdem sie jetzt schon das Gebiet der Bergbahnen und der Strassenbahnen im Laufe weniger Jahre erobert hat.

Bahnbrechend wird bei all diesen Aufgaben nur derjenige Maschinen-Ingenieur wirken können, der den Endzweck der zu schaffenden Verkehrsanlage versteht, der seine Lokomotive dem Gelände anzuschmiegen weiss, der bei Ausrüstung einer Hafenanlage das Wirtschaftsleben der Seestadt kennt, der bei der Anlage von Schleusen und Hebewerken das zukünftige Verkehrsleben auf der Wasserstrasse vor Augen sieht, kurz nur derjenige, der über sein eigentliches Arbeitsfeld hinausschaut auf die volkswirtschaftliche Bedeutung des zu schaffenden ganzen Werkes.

Wenn die Frage nach den Beziehungen zwischen den chemischen und hüttentechnischen Wissenschaften einerseits und dem Maschinenbau andererseits gestellt wird, dann wandert wohl der Blick zunächst auf die Hochöfen und Stahlwerke, in denen chemische Prozesse unter Hilfe von gewaltiger Maschinenkraft durchgeführt werden. So unbedingt notwendig schnellhebende Krähne und tausendpferdige Gebläse für ein Konverter-Stahlwerk sind, so bleibt doch die Maschinenkraft in all diesen Werken nur Hilfsmittel, sie greift nicht in den chemischen Prozess selbst ein.

Ein weit innigeres Zusammenarbeiten der chemischen und mechanischen Kräfte finden wir da, wo die hydraulische Energie der Gebirgswasser Norwegens und der Schweiz, und da, wo die chemische Energie der Braunkohlenlager der norddeutschen Tiefebene zunächst in mechanische Energie, dann in elektrische und endlich in chemische Energie verwandelt wird zur Gewinnung von Calciumcarbid und Aluminium. Diese Arbeitsstätten geben ein Bild moderner Ingenieurkunst wie kaum irgendwelche andern; ist doch in der Umsetzung der Energieformen die vornehmste Aufgabe des Maschineningenieurs zu erkennen. Vor dem nach vorwärts blickenden Auge aber steht als erstrebenswertes Ziel die Energieverteilung in Form chemisch gebundener Kraft, ein Ziel, das in den elektrischen Batterien vorerst nur einen nebelverschleierten Ausblick ahnen lässt.

Wenn wir von den Studierenden unserer Abteilung mit Recht das Vertrautsein mit den Grundlagen der Chemie verlangen, so will diese Forderung nicht die Aneignung einiger Einzelkenntnisse in der Metallgewinnung erzwingen, sondern sie will Erweckung des Verständnisses für das Wirken der Naturkraft in ihren verschiedenen Energieformen und will Erweiterung des Gesichtskreises hinaus über die Enge des Fachs.

Architektur und Maschinenbau stellen gewissermassen die äussersten Pole im Wissenschaftsbetriebe der Technischen Hochschule vor. Äussere Verknüpfungen sind nur wenige vorhanden: in neuerer Zeit zieht allerdings die Baukunst mehr und mehr die Maschinenkraft als Handlanger heran; es mag hier etwa erinnert werden an die elektrisch betriebenen Hebemaschinen, die bei dem Berliner Dombau zum erstenmal für Bauzwecke verwendet wurden. Andererseits sind der Baukunst in unserer Zeit grosse Aufgaben erwachsen in dem Entwurf grosszügiger Nutzbauten für Hafenspeicher und Bahnhöfe, für Fabriken und elektrische Centralen, schwierige und eigenartige Aufgaben, welche die Baukunst an vielen Orten meisterhaft gelöst hat.

Für den intimer Beobachtenden aber spinnen sich feinere Fäden zwischen den beiden Gebieten. Diejenige Periode, in welcher das Wesentliche eines Stils in den äusseren Zierformen gesucht wurde, ist glücklich überstanden; wie in der Entwickelung des Eisenbaues die konstruktiven Linien mehr und mehr in ihr Recht getreten sind und die kleinlichen Verkleidungen und Verzierungen verdrängt haben, so tritt jetzt in der Architektur das Bestreben zu Tage, in erster Linie das dem Material und der Bearbeitung Eigentümliche zu betonen, den Zweck, das Sachliche als massgebend für die Gestaltung voranzustellen und die Schmuckformen als das in zweiter Linie Stehende zu betrachten. In der That sind die edelsten Stilformen meist auch konstruktiv gewesen, erst in der Verwilderung wird die Formgebung unkonstruktiv. Die genannte Bewegung ist freilich eine noch so in Gährung begriffene, dass man vorerst nur von dem Bestreben, nicht von dem Erfolg sprechen kann; immerhin aber darf

man wohl sagen, dass der konstruktive Gedanke, der im Maschinenbau der allein herrschende ist, auch im Reich der Baukunst in unserer Zeit wieder zum lebhaften Durchbruch gekommen ist.

Von dem Ingenieur aber, der bei Ausführung von Nutzbauten dem Architekten helfend zur Seite stehen muss, ist zu fordern, dass er der schwierigen künstlerischen Aufgabe des letzteren mit Verständnis und Anpassungsfähigkeit entgegenkommt.

Naturwissenschaften und Technik werden zumeist in dem Sinn zusammengefügt, dass jene das Allgemeine, Ursprüngliche vorstellen, diese als das Besondere, Angewendete erscheint. Es wird meist angenommen, dass die Technik aus den fertigen Naturwissenschaften als deren Folgerung hervorgegangen sei. Ganz gewiss verdankt die Technik den Naturwissenschaften wertvollste Förderung: es mag hier nur erinnert werden an Namen wie Robert Mayer, Mariotte und Gay-Lussac, an Ohm und Faraday.

Die historische Entwickelung aber war keine hintereinander geschaltete, sondern eine parallel laufende: die Maschinen für Umsetzung der Energie des strömenden Wassers in mechanische Energie, für Wasserförderung, für Bergwerksbetriebe, für Mühlenbetriebe aller Art waren längst dem wirtschaftlichen Leben dienstbar, ehe die Mechanik sich die Aufgabe stellte, die dynamischen Vorgänge in diesen Maschinen mit wissenschaftlicher Genauigkeit zu untersuchen. Selbst in unseren Tagen geht die Ausführung einer neuen Maschinenart häufig voran, die wissenschaftliche Untersuchung und die Theorie der Maschine folgen der Ausführung: Gasmotoren und Dynamomaschinen waren in grosser Zahl in Betrieb, ehe die Theorie derselben bekannt war.

Naturwissenschaft und technische Wissenschaft gehen getrennte Wege: erstere stellt ihr Experiment an unter sorgfältiger Beseitigung aller störenden Nebenwirkungen und in kleinem Massstab; letztere muss gerade den Einfluss aller der Wirklichkeit anhaftenden Nebenwirkungen zu ergründen suchen; sie darf nicht von dem Massstab der Ausführung auf einen wesentlich kleineren zurückgehen, wenn nicht Irrtümer entstehen sollen. Auf diesem technisch-wissenschaftlichem Weg haben Watt und Hirn ihre Untersuchungen über Kondensation und Überhitzung ausgeführt, auf diesem Weg hat Bauschinger die Festigkeitslehre ausgebaut, hat Siemens das Prinzip der Dynamomaschine geschaffen.

Das naturwissenschaftliche Experiment sucht — befreit von allen Nebenwirkungen — eine klare Gesetzmässigkeit nachzuweisen, die durch analytische Methode mathematisch genau und einfach dargestellt werden kann. Der technische Versuch — aus vielfältigen Einzelwirkungen sich zusammenfügend — wird in den seltensten Fällen ein einfaches Gesetz erkennen lassen: das Schaubild giebt meist eine unregelmässige und nur annähernd genaue Kurve, die sich der analytischen Behandlung spröde erweist. Die Technik war daher genötigt, die graphischen Methoden einzuführen, die unter Verzichtleistung auf äusserste Genauigkeit es gestatten, beliebig gestalteten Kurven zu folgen, wie sie bei Entwurf von Mehrfach-Expansionsmaschinen und Steuerungen, bei Darstellung dynamischer und hydraulischer Vorgänge vielgestaltig zu Tage treten. Die graphische Statik ist zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden, die graphische Behandlung der Wechselströme hat eine verwickelte Aufgabe durchsichtig gelöst. Der Physiker kann den geraden Weg einer geordneten Versuchsreihe gehen und daraus ein zwingendes Ergebnis ableiten, der Techniker muss durch das verschlungene Dickicht einzelner Versuche an sehr verschiedenartig ausgeführten Maschinen einen Richtweg zu finden trachten.

Naturwissenschaft und Technik sind unabhängig von einander entstanden und sind durch ihre Natur zu getrenntem Fortschreiten gezwungen, haben aber vielfach ihre Pfade gekreuzt und sich gegenseitig gefördert. In ihrem Zusammenwirken bei getrenntem Weg liegt die Zukunft unserer Kultur.

Medizinische Wissenschaften pflegen zumeist in dem Zusammenhang mit der Technik genannt zu werden, dass durch das Anwachsen der letzteren zahlreiche Berufskrankheiten entstanden seien, die der Heilkunde eine grosse Aufgabe stellen. Gewiss sind durch die rasche Umwandlung vom Ackerbaustaat in den Industriestaat — wie sie in England und Deutschland sich vollzogen hat — zahlreiche Missstände sozialer und gesundheitlicher Art entstanden, und es ist anfangs versäumt worden, thatkräftige Gegenwehr einzuleiten. Heute aber darf man behaupten: die modernen Werkstätten der Industrie gewähren dem Arbeiter einen weit gesunderen Arbeitsraum, als er dem Kleinhandwerker je geboten wird. Das gegenwärtig lebhafte Bestreben einzelner Städte und industrieller Werke, gesunde Arbeiterhäuser und Kleinbeamtenwohnungen zu schaffen, wird vielleicht in wenigen Jahrzehnten die Verhältnisse so umgestaltet haben, dass dann der Ruf laut werden wird: Gesunde Wohnungen dem Landarbeiter!

Die Erfolge, welche die Gesundheitstechnik auf dem Gebiet des Städtewesens bereits errungen hat, sind so offenkundig, dass sie kaum genannt zu werden brauchen: Die Bekämpfung der epidemischen Krankheiten durch Wasserwerke und Entwässerungs-Anlagen, die weiträumigere Bebauung als wirtschaftliche Folge rasch und billig befördernder Strassenbahnen,

die Entlastung der Kleinhandwerker von harter körperlicher Arbeit durch elektrische Kraftverteilung, all diese technischen Mittel haben mitgeholfen, die Sterblichkeitsziffer zu vermindern und haben sie in einzelnen Grossstädten bis auf zwei Drittel von ehedem herabgesetzt. Schulhygiene und Wohnungsaufsicht werden in Zukunft medizinische Wissenschaften und Technik in noch engere Berührung bringen. Der dem Arzt zur Seite stehende Ingenieur aber muss sich bewusst sein, dass sein Endziel nicht die jeweilige technische Anlage, sondern die menschliche Gesundheit sein muss.

Juristische Wissenschaften und Technik berühren sich heute auf nahezu allen Gebieten staatlicher und privater Thätigkeit. Dem Patentgesetz verdankt die technische Geistesarbeit weitreichenden Schutz; die Wertschätzung dieser Arbeit wird allgemein werden, wenn das Urheberrecht von dem geschriebenen geistigen Eigentum einmal ausgedehnt wird auf das in Zeichnung verkörperte, denn die zeichnerische Darstellung bildet die lebendige internationale Sprache des Ingenieurs.

Das moderne Staatsleben hat sein Gepräge erhalten durch soziale Gesetzgebung, die, durch den Fortschritt der Technik veranlasst, der Rechtswissenschaft eine völlig neue Strasse erschlossen hat.

Im Haushalt städtischer Gemeinwesen müssen Rechtskunde und Technik auf ganzer Linie zusammenwirken, wenn Gedeihliches entstehen soll; immer lauter wird daher der Ruf nach Verwaltungsbeamten, die neben vielseitiger technischer Ausbildung über die erforderliche Rechtskenntnis und Verwaltungspraxis verfügen. Die Technischen Hochschulen werden sich nicht mehr lange der Forderung entziehen können, technische Verwaltung in ihr Lehrgebiet aufzunehmen und dadurch den Ingenieur zu dem Mann zu machen, der berufen ist, das Steuer städtischer Verwaltung zu führen.

Von den historischen Wissenschaften scheint keine Brücke sich zu spannen zu der Technik. Geschichte wurde ehedem nur vom dynastischen, militärischen und legislativen Standpunkt aus geschrieben, die kulturgeschichtliche Behandlung gehört erst der neueren Zeit an. Der Einfluss, welchen die Beherrschung der Naturkraft auf menschliche Entwickelung ausgeübt hat, ist noch kaum genannt.

Die Erhebung aus dem Urzustand beginnt mit der Entzündung des Feuers, mit der Beherrschung der Sonnenenergie, welche in der Vegetation gebunden ist. Die Bändigung dieser Naturkraft ermöglicht die Bearbeitung der Metalle. Die Bedeutung dieses grossen ersten Schritts finden wir künstlerisch erklärt in den Gestalten des Prometheus und Hephaistos, des Vulkan und Loge.

Weit ist von da der Weg bis zur glänzenden Entwickelung hellenischer Kunst und römischer Staatengründung. Die hohe Blute damaliger Kultur entfaltete sich nur in einem gütigen Klima, wo der Mensch nicht hart mit rauher Natur zu kämpfen hat, und entsprosst nur bei einem winzigen Bruchteil der Menschheit auf Kosten des Sklavereizustandes der erdrückenden Mehrheit. Die nahezu kostenlose Menschenkraft weckt kein Bedürfnis nach Beherrschung der Naturkraft; Wassermühlen waren zur Zeit des römischen Imperiums bekannt, fanden aber keine Verbreitung; es erschien einfacher, die Muhlsteine durch Sklaven und Kriegsgefangene drehen zu lassen.

Mit dem Einbruch der sozialen Bewegung des Christentums wird dieser Zustand labilen Gleichgewichts unhaltbar, die Befreiung erfolgt. Aber sie kostet ein schweres Opfer: es ist kein Stand mehr da, der allein alle harte Arbeit leistet, die Musse für Pflege der Kunst wird verkümmert, der Kulturzustand sinkt. Desto mehr drängt jetzt der Kampf mit nordischer Natur dazu, Naturkraft dienstbar zu machen. In langsamer aber stetiger Entwickelung wird die Energie des strömenden Wassers und der bewegten Luft in den Dienst des Menschen gestellt für Betriebe verschiedener Art, in erster Linie aber für Bergwerke, die im mittelalterlichen Deutschland regsam betrieben werden.

Eine ganz neue Kulturepoche aber setzt erst zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts ein, als die an die Kohle gebundene Sonnenenergie früherer Jahrtausende dem Menschen unterthan wird. Nicht ein Zufall führte zur Dampfmaschine, die Zeit der Kohle musste sie unabwendbar schaffen als das Erzeugnis vieler denkenden Geister: Papin, Savary, Newcomen trugen die ersten Bausteine herbei, aus denen Watt den fertigen Bau fügte.

In der gleichen Zeit fegt der Sturm der Revolution über das zermürbte Staatsgebäude, abermals erfolgt die Befreiung eines gedrückten, allein Arbeit leistenden Standes. Die neuen Ideen aber werden gehemmt durch Reaktion. Erst als Lokomotive und Dampfer die Welt durchbrausen, wird der Durchbruch der modernen Zeit unaufhaltsam und führt zur Ausbildung eines neuen Staatenlebens.

Beherrschung der Naturkräfte und Kulturentwickelung stehen in untrennbarem Zusammenhang; eine geschichtliche Darstellung dieser Verknüpfung wird vielleicht eine Brücke schlagen von den ehrwürdigen historischen Wissenschaften zu den modernen technischen.

Dieser flüchtige Umblick lässt erkennen, dass die Ingenieurthätigkeit verknüpft ist mit allen Richtungen menschlichen Schaffens, hin-

eingreift in alles öffentliche Leben, untrennbar ist von aller modernen Kultur. Der rechte Ingenieur wird daher nimmermehr ein einseitiger Fachmann sein können, er muss ein freies Auge mitbringen für Gemeinwohl und ein offenes Herz für Menschenschicksal. Wenn diese Erkenntnis erst einmal bei der Allgemeinheit durchgedrungen ist, dann wird auch nicht länger mehr die gebildete Welt alles, was nach Technik und Maschine klingt, als ein feindliches Element betrachten, das angeblich öden Materialismus mit sich schleppt, Poesie und Phantasie vernichtet.

Das geistige Auge des technisch Denkenden sieht in dem Eisengerippe einer Brücke nicht ein starres, phantasieleeres Ornament, sondern ein bewegtes Kräftespiel, in den Stahlgliedern einer arbeitenden Maschine nicht geräuschvolles sinntötendes Wirrwarr, sondern die planmässige Arbeit der Naturkräfte; die Phantasie des naturwissenschaftlich Schauenden sieht in der bewegungslosen Pflanze und im starren Gestein geheimnisvolle nimmerrastende Kräfte, sieht überall Leben und Energie, wo das gewöhnliche Auge nur ruhende Linien wahrnimmt. Für diese Phantasie wird die Natur ihren Zauber nicht verlieren, wenn die Schienenbahn in das weltverlorene Gebiet des ewigen Schnees sich streckt und die Fernleitung hochgespannten Stromes das Gelände überspinnt. Über den Ursprung aller Naturkraft aber wird ewig ein geheimnisvoller Schleier sich breiten für den Ingenieur, wie für den Philosophen. —

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

M. Grübler (Berlin), Ringspannungen und Zugfestigkeit.

Rotiert ein homogener isotroper Hohlcylinder von den Radien r_1 und r_2 ($r_2 > r_1$), dessen Begrenzungsflächen keinen Drucken ausgesetzt sind, und dessen specifisches Gewicht ε ist, gleichförmig mit der Winkelgeschwindigkeit ω um seine vertikal gestellte geometrische Achse, so entstehen durch die Centrifugalkräfte im Cylinder sowohl Ringspannungen (senkrecht zur Meridianebene), als auch Radialspannungen. Die grösste aller Spannungen ist die Ringspannung an der inneren Begrenzungsfläche des Hohlcylinders (vgl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897, S. 860 ff.); für sie findet sich der Ausdruck

$$max(\sigma) = \tfrac{1}{4}\,\varepsilon\,\omega^2 (r_1^2 + 3\,r_2^2).$$

Bei Ableitung dieser Relation wurde vorausgesetzt 1. dass die Masse des Körpers sein Volumen stetig und gleichmässig erfülle, 2. die Querdehnung vernachlässigt werden könne, 3. Proportionalität zwischen Dehnung und Spannung vorhanden, d. h. der Elasticitätsmodul unveränderlich sei. Findet letzteres bis zur Festigkeitsgrenze statt (was bei einigen Körpern mit hinreichender Annäherung der Fall ist), so ergiebt sich als die Zugfestigkeit K_z des Materiales

$$K_z = \tfrac{1}{4}\,\varepsilon\,\omega_m^2 (r_1^2 + 3\,r_2^2),$$

falls ω_m die Winkelgeschwindigkeit bezeichnet, bei der das Zerreissen des Körpers eintritt.

Versuche an Hohlcylindern aus weichem Sandstein vom specifischen Gewicht $\varepsilon = 2{,}3$ gr/cm^{-3}, bei welchem der Elasticitätsmodul bis zur Festigkeitsgrenze nahezu unveränderlich ist, ergaben im Mittel

$$K_z = 51{,}5\ at.$$

Dieser Wert ist etwa $2\tfrac{1}{2}$ mal so gross als der durch sorgfältige Zerreissversuche an Prismen aus dem gleichen Material gefundene Wert

$$K_z' = 21{,}6\ at.$$

Dieser grosse Unterschied ist nach Ansicht des Vortragenden in der Hauptsache auf die Unvollkommenheit des Zerreissversuches zurückzuführen; denn die theoretisch dabei zu Grunde gelegte gleichmässige Spannungsverteilung in den Querschnitten der zerrissenen Prismen ist thatsächlich nicht vorhanden.

Besonders merkwürdig ist das Ergebnis des Versuches mit einem Vollcylinder aus dem gleichen Material. Die Theorie ergiebt als Maximalspannung in der Achse des Vollcylinders den Ausdruck

$$max(\sigma) = \tfrac{3}{8}\,\varepsilon\,\omega^2 r_2^2,$$

während sich bei einem Hohlcylinder, für den r_1 verschwindend klein angenommen würde, aus obiger Relation

$$max(\sigma) = \tfrac{3}{4}\,\varepsilon\,\omega^2 r_2^2$$

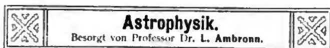
findet. Diese beiden Spannungen verhalten sich sonach wie 1 : 2, woraus folgt, dass die Winkelgeschwindigkeit, bei welcher der Vollcylinder springt, das $\sqrt{2}$-fache der Winkelgeschwindigkeit sein müsste, bei welcher der Hohlcylinder zerreisst. Thatsächlich sprang aber der dem Versuch unterworfene Vollcylinder ungefähr bei derselben Winkelgeschwindigkeit, bei welcher die Hohlcylinder zerstört wurden. Dieser auffallende Widerspruch mit der Theorie

liegt offenbar darin begründet, dass das verwendete Material das Körpervolumen nicht stetig erfüllt, wie dies bei der Ableitung der bezüglichen Formeln vorausgesetzt wurde. Auf der Annahme der Stetigkeit der Materie beruht aber der Spannungsbegriff und seine Verwendung in der heutigen Elasticitätstheorie; es liegt daher in dem Mitgeteilten ein Fall vor, in welchem letztere versagt, d. h. in dem es nicht gestattet ist, die Molekularkräfte durch Flächenkräfte zu ersetzen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 26. Oktbr. 1899.)

REFERATE.



Bestimmung der Helligkeit von 96 Plejadensternen. Von G. Müller und P. Kempf. A. N. 3587—3588.

Der Umstand, dass die im II. Teile der Potsdamer photometrischen Durchmusterung gegebenen Helligkeitswerte von 21 Plejadensternen bei der Vergleichung mit den Bestimmungen von Lindemann, Pickering und Pritchard beträchtliche Unterschiede ergaben, bewog die Herren Müller und Kempf eine specielle Untersuchung der Helligkeit aller jener Plejadensterne vorzunehmen, welche sich innerhalb eines Abstandes von $\pm\ 3^m\ 30^s$ in Rektascension und $\pm\ 45'$ in Deklination von Alcyone in der B. D. aufgeführt finden.

Um ganz unabhängig von ihren früheren Bestimmungen zu verfahren, legten sie zunächst eine neue Skala von Anhaltsternen in den Plejaden selbst fest. Die Helligkeitsdifferenzen von acht Hauptsternen, in Intervallen von etwa einer Grössenklasse, zwischen 3· und 10· Gr., wurden dadurch bestimmt, dass der hellere Stern durch Vorstecken einer Sektorblende mit zwei Ausschnitten von je 72^0 vor das Objektiv um $\frac{144}{360}$ seines Betrags, d. h. um 0.995 Grössenklassen geschwächt, und die verbleibende Differenz mit dem Zöllnerschen Photometer gemessen wurde. Ein störender Einfluss der Beugung trat bei dieser Abblendung noch nicht auf, und etwaige Ungleichheiten in der Durchlässigkeit verschiedener Stellen des Objektivs wurden durch Drehen der Blende zwischen den einzelnen Beobachtungssätzen eliminiert. Der Übergang von diesen sieben Helligkeitsdifferenzen auf absolute Grössenangaben wurde behufs möglichsten Anschlusses an das System der Potsdamer Durchmusterung so vorgenommen, dass die Unterschiede zwischen den auf beide Fundamentalsysteme bezogenen Bestimmungen bei den 21 gemeinsamen Sternen im Mittel verschwanden. So erhielt der hellste Stern No. I, Alcyone, die Gr. 3.19, der schwächste No. VIII die Gr. 10.14; der durch das Aneinanderreihen der gemessenen Differenzen wachsende w. F. erreicht bei diesem letzten Stern erst $\pm$ 0.037 einer Grössenklasse.

In dieses Netz wurden die meisten der übrigen 88 Sterne in Zonen derart eingefügt, dass jeder mit dem nächsthelleren und schwächeren Fundamentalstern verglichen und seine Helligkeit interpoliert wurde. 28 Sterne waren indes schwächer als Hauptstern No. VIII, so dass bei ihnen eine Erweiterung der Skala durch Extrapolieren stattfand und ihr Gewicht etwas geringer ist.

Die Vergleichung des neuen Verzeichnisses mit anderen ergab vollständige Übereinstimmung mit den auf anderer Grundlage erhaltenen Werten der Potsdamer photometrischen Durchmusterung. Ausserdem sei hier nur betreffs der mit den bislang ausführlichsten Bestimmungen von Lindemann aufgeführt, dass die Lindemannsche Skala mit der Potsdamer (bez. des Verhältnisses zweier aufeinander folgenden Grössenklassen) übereinstimmt, und dass seine absoluten Werte durch Addition von im Mittel 0.62 Grössenklassen auf die Potsdamer gebracht werden können. Eine Abweichung zeigen nur die sieben hellsten Sterne Lindemanns, bei denen eine fehlerhafte Bestimmung seines Vergleichsterns Merope wahrscheinlich ist.

Bei der Wichtigkeit, die gerade die Plejaden für photometrische Zwecke, besonders methodischer Art, besitzen, ist die neue umfassende Messungsreihe der Herren Müller und Kempf von besonderem Werte. H. Clemens.

BESPRECHUNGEN.

Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs nach Quellen bearbeitet von Dr. M. v. Rohr. Berlin, Springer 1899. XX u. 436 Seiten. 148 Textfiguren, 4 Tafeln. M. 12.—.

Die konstruktive Optik ist während der letzten Periode zweifellos im Vergleich zu anderen Disziplinen der Physik eine Art Stiefkind der Vertreter der Wissenschaft gewesen, und nur einzelne Zweige der Optik, welche ihrer

Natur nach mit anderen Wissenschaften in stetem Kontakt blieben, wie die Fernrohr- und Mikroskop-Optik haben sich dauerndes Interesse dafür bewahrt. Erst in neuester Zeit beginnt das Gebiet der photographischen Optik sich die Aufmerksamkeit der Physiker zu erobern, nachdem dasselbe anfangs allmählich, in neuester Zeit jedoch in rapider Entwickelung hochbedeutsame theoretische und praktische Erfolge errungen hat. Ein beredtes Zeugnis davon legt nächst Czapskis Behandlung in Winkelmanns Handbuch die Darstellung der Optik in Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik durch Lummer ab, in welcher wohl zum ersten Mal in einem physikalischen Lehrbuch die photographische Optik eingehend behandelt ist.

Es dürfte bekannt sein, dass die besonderen Schwierigkeiten der photographischen Optik darin liegen, dass ihr im Gegensatz zur Fernrohr- und Mikroskop-Optik die Abbildung ausgedehnter Objekte mittelst stark gegen die Axe schiefer Strahlen und zwar auf einer Ebene obliegt, dass also ausser den Forderungen der Achromasie, und der Beseitigung der sphärischen Aberrationen auf der optischen Axe noch die der Aufhebung des Astigmatismus, der Koma, der Spiegelflecke und Verzeichnung und die der Bildfeldebnung zu bewältigen sind.

Da zweifellos die weitaus bedeutendsten Fortschritte überhaupt und speziell der neuesten Zeit ihren Ursprung der Arbeit oder Anregung des genialen Optikers Abbe und seiner Mitarbeiter an der Zeissschen Werkstatt verdanken, welche auf allen Gebieten ihrer Fabrikation wissenschaftlich und technisch bahnbrechend gewirkt hat, so darf man eine Darstellung der photographischen Optik von einem namhaften wissenschaftlichen Mitarbeiter dieser Werkstatt freudig begrüssen.

Das Werk zerfällt in einen theoretischen und einen historischen Teil. Obwohl der erstere (80 Seiten) keinen selbständigen Wert nach den Worten des Verfassers beansprucht, wohl weil er keine neuen Entdeckungen enthält, so ist er dennoch als wertvoll zu bezeichnen wegen der geschickten und natürlich korrekten Darstellung der photographisch-optischen Verhältnisse und zur Einführung in das Verständnis der Kunstausdrücke dieses Gebietes. Ganz besonders zu begrüssen ist die ständige Erläuterung des Inhalts durch Figuren und graphische Darstellungen, die sich nicht nur dort finden, wo sie allgemein üblich und unvermeidlich sind. So erscheint die Arbeit, welche auf die graphische Darstellung der mannigfachen Aberrationsverhältnisse verwendet ist, in hohem Grade dankenswert.

Der historische Teil, welcher von speziellem Wert für den photographisch-optischen Forscher ist, enthält eine möglichst vollständige Behandlung aller für die Entwickelung dieses Zweiges der Optik theoretisch und praktisch wichtig gewordenen Konstruktionsprinzipien. Das umfangreiche und gewissenhafte Quellenstudium des Verfassers bürgt dafür, dass dieser Teil einen zuverlässigen Überblick über alles bisher bekannte gewährt, der speziell davor schützen soll, alte Entdeckungen von neuem zu machen, wie dies z. B. an der Geschichte des Teleobjektes vom Verfasser nachgewiesen wird. Durch die historische Behandlung und zahlreiche interessante biographische Notizen ist dieser Teil des Buches besonders anziehend zu lesen. Der Schwerpunkt liegt naturgemäss in der Darlegung der die einzelnen Fortschritte bringenden Ideen und der sie verkörpernden Objektivtypen. Diese letzteren sind durchweg figürlich dargestellt und ihre Konstruktionsdaten, soweit möglich, mit bewunderungswürdigem Fleiss zusammengetragen worden. Für die Sorgfalt des Verfassers kennzeichnend ist die Bearbeitung aller Objektivabbildungen auf ein durchweg vergleichbares Maass, nämlich auf die Äquivalentbrennweite von 100 mm. Die Durchführung dieses originellen Gedankens fördert den Vergleich der verschiedenen Objektive in überraschender Weise. In erhöhtem Maasse noch ist dies der Fall auf den beigehefteten 4 Tafeln, welche in dieser Weise nicht nur die wichtigsten Objektivtypen selbst, sondern auch die graphischen Darstellungen ihrer wichtigsten Aberrationsfehler, nämlich der sphärischen und astigmatischen, übersichtlich zusammenstellen, sowie durch verschiedene Schraffierung den Charakter der verwendeten Glassorten erkennen lassen. Ein sehr vollständiger Litteraturnachweis erhöht für den optischen Forscher den Wert des Buches und giebt zugleich einen Begriff von der in ihm enthaltenen Arbeit.

Eine möglichst sachliche Würdigung der Anteile, welche die verschiedenen Optiker und optischen Institute an den Fortschritten der Objektivkonstruktionen gehabt haben, ist angestrebt worden, und darf im wesentlichen auch als erreicht bezeichnet werden. Die Zugehörigkeit des Verfassers zu dem im Wettbewerb beteiligten Hause Zeiss hat eine absolute Objektivität einerseits erschwert, andererseits auch erleichtert, denn die Firma Zeiss hat sich in Konkurrenzstreitigkeiten stets durch vornehme Sachlichkeit ausgezeichnet. Das Buch ist nach allem für eine Orientierung auf dem Gebiet der photographischen Optik aufs wärmste zu empfehlen.

R. Abegg.

Personalien.

Als Nachfolger von Professor Dr. Walter König ist Privatdocent Dr. Hermann Th. Simon aus Göttingen als Docent für Physik bei dem Physikalischen Verein nach Frankfurt a/M. berufen

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 27. Januar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Reflektion Hertzscher Wellen an den Enden von parallelen Drähten[1]).

Von L. De Forest.

Die Theorie zeigt, dass bei dem Lecherschen Systeme von parallelen Drähten die Hertzschen Wellen an offenen Enden ohne Änderung des Vorzeichens der Elektrisierung reflektiert werden. Der erste Knotenpunkt würde deshalb im Abstand von einer viertel Wellenlänge von den Enden zu erwarten sein. Wird dagegen irgend eine Kapacität an den Enden angehängt, so wird eine Phasenänderung durch die Reflektion hervorgerufen und es findet eine Verschiebung des Knotens statt, deren Grösse von der Grösse dieser Kapacität abhängt. Nun zeigte sich gerade an freien Enden, bei denen keine Kapacität angenommen wurde, dass eine Phasenänderung eintrat, indem der Abstand des ersten Knotens vom Ende unerwartet klein war.

Diese Erscheinung zu untersuchen, war der Zweck der unten beschriebenen Versuche.

Die Form des benutzten Erregers war eine Vereinigung der Lecherschen und der Blondlotschen Anordnung. Die letztere hat eine grössere Dämpfung als die von Lecher. Ihre Eigenschwingung ist weniger ausgesprochen und die Schwingungszahl der Wellen, welche auf den Drähten gefunden werden, ist fast nur abhängig von den schwingenden Systemen, welche dort durch die willkürlich aufgelegten Brücken gebildet werden. Ein grosser Vorteil dieser Anordnung ist der, dass auf diese Weise eine grosse Anzahl von Wellenlängen mit demselben Oscillator erhalten werden kann. In dem benutzten Erreger bildeten an Stelle von Drähten zwei schmale Zinkstreifen, jeder 15 cm lang und in der Mitte 1,5 cm breit, von elliptischer Form, den Primärkreis. Diese wurden halbkreisförmig gebogen, und jeder trug eine Zinkkugel an der Funkenstrecke.

Um diesen primären Oscillator herum befindet sich ein gleichartiger Zinkstreifen von 32 cm Länge, welcher den sekundären bildet. Das Ganze wurde in ein Gefäss mit Petroleumäther gesetzt. Der Abstand des primären vom sekundären Streifen war nur 0,5 cm. Diese besondere Anordnung verbindet die Vorteile beider Erreger, des Lecherschen und Blondlotschen. Durch die Verwendung der Platten können alle Elemente des primären und sekundären Oscillators näher zusammen gerückt werden, sodass der Energieverlust des Lecher-Erregers vermieden wird; die ununterbrochene Führung des sekundären Oscillators verbindet die zwei parallelen Drähte wie bei Blondlot, und gestattet vollkommene Reflektion: während die Periode des Oscillators nur einen schwachen Einfluss auf das Resonnanz-System der Drähte hat. Ich konnte durch richtiges Überbrücken meist irgend eine Wellenlänge zwischen 50 und 300 cm erhalten.

Als „Wellenentdecker" wurde eine Vakuumröhre verwandt. Um bei Tageslicht arbeiten zu können wurde diese Röhre vollständig in eine lichtdichte Umhüllung eingeschlossen und durch einen Spalt mittelst Augenschirm beobachtet. Dann konnte vermittelst eines Fadens ohne Ende, welcher über zwei Rollen ging und zwischen den Drähten hinlief, der Beobachter an der Röhre eine durch Holzklemmen befestigte Brücke den Drähten entlang verschieben und dadurch den Ort der Knoten festlegen. Um den störenden Einfluss der Kapacität der Vakuumröhre auf ein Minimum zu bringen, wurde weder eine Elektrode noch ein Stanniolbelag verwendet, sondern die Röhre lag frei quer über die parallelen Drähte. Auf diese Weise hat sie eine Kapacität, die nur 4 cm Drahtlänge äquivalent ist. Dieselbe war unabhängig von der benutzten Wellenlänge und konnte deshalb bei allen Wellenlängemessungen berücksichtigt werden, bei denen die Röhre aufgelegt war.

Wir betrachten den Fall, dass ein Kondensator von der Kapacität S_1 zwischen den bei-

1) Ausführlich in Americ. Journal of Science, Juli 8., 1899.

den parallelen Drahtenden angebracht ist. Bezeichnet ϑ die von der ankommenden und reflektierten Welle herrührende resultierende Potentialdifferenz an den Enden der Drähte, und $\mathfrak{J}$ den resultierenden Strom, dann besteht die Kondensatorgleichung

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\mathfrak{J}}{S_1},$$

wenn wir voraussetzen, dass keine Übertragung auf das Dielektrikum stattfindet. Aber wenn wir freie Enden haben, müssen wir annehmen, dass die Energie teilweise ausgestrahlt wird, entweder indem sie sich in annähernd kugelförmigen Wellen ausbreitet oder eine Strecke weit in einem Strahl, mehr oder weniger eben polarisiert. Der Verlust wird um so grösser sein, je kleiner die Kapacität des Endkondensators ist. Für unsere Voraussetzung ist es unnötig den exakten Verlauf oder die Natur der Welle zu bestimmen, nachdem sie den Draht verlassen hat. Wir können den Fall so betrachten, als ob die Drähte sich über den Endkondensator hinaus so fortsetzten, dass auf die Längeneinheit scheinbar eine Kapacität S_2 entfällt.

Mit Berücksichtigung dieser Erwägungen und der Fundamentalgleichung zwischen E. M. K. und Strom in einem Leiter ergiebt sich eine Beziehung zwischen der Endkapacität S_1 und der Phasenänderung bei der Reflektion δ_1:

$$S_1 = \lambda \frac{S}{k}\left(\frac{\cos\delta_1 + 1}{\sin\delta_1}\right),$$

worin k nahezu $= 1$ ist. S, die Kapacität der Längeneinheit des Leiters, wurde für die benutzten Drähte berechnet. Diese Formel wurde sowohl für die Bestimmung der Endkapacitäten der freien Drahtenden, als auch der mit zwei Messingkugeln unter verschiedenen Bedingungen belasteten Enden benutzt, für Wellenlängen zwischen 60 und 170 cm.

Die wirksame Kapacität der freien Enden wird für diese schnellen Oscillationen sehr viel grösser gefunden, wie die für statische Ladung berechnete ist; sie ändert sich mit der Schwingungszahl. Die nach den Beobachtungen entworfenen Kurven zeigen mit wachsender Schwingungszahl eine langsame Abnahme der Phasenänderung durch Reflektion und eine deutlichere Abnahme der scheinbaren Endkapacität. Mit zwei Messingkugeln an den Enden, von 1,85 cm Durchmesser in einem Abstande von 2,55 cm, ist der Wellenlängenverlust bei der Reflektion sehr viel ausgeprägter. Die Reflektion an diesen Kugeln ist viel deutlicher als an freien Enden; die Knoten sind schärfer definiert und leichter zu erkennen.

Es stellte sich kein Unterschied im Charakter der Reflektion an den freien Enden heraus, ob sie scharfkantig abgeschnitten waren oder in feine Spitzen ausliefen. Nach der Maxwellschen Methode wurde die statische Kapacität der Kugeln auf 1·15 CGS berechnet. Die beobachteten Kapacitäten für die Schwingungen sind 2 bis 5 mal grösser als die berechneten — ein viel kleinerer Unterschied wie bei freien Enden. Die Ausstrahlung von den Kugeln aus ist viel kleiner.

Beim Untersuchen der Wirkung von Biegungen in den Drähten auf die Reflektion wurde eine eigenartige Erscheinung beobachtet. Wenn die Drähte von einander abgebogen wurden, war die Deutlichkeit der Knoten sehr beträchtlich vermindert — je grösser der Winkel der Biegung, desto undeutlicher die Knoten —, entsprechend der doppelten Reflektion, welche dann auftritt. Wenn der Abstand zwischen den Enden festgehalten wird und ein bestimmtes, dicht an dem Ende liegendes Stück jeden Drahtes nach aussen gebogen wird, beobachtet man beim Übergang von geraden und parallelen Drähten zu gekrümmten Formen, dass die letzte Viertel-Wellenlänge zunächst kleiner, dann wieder grösser wird. Die Kapacität des Drahtabschnittes wird dabei geändert, und wenn schliesslich die Drähte zick-



zackförmig gebogen sind, wie in Fig. (a), so kann die Kapacität geringer sein als für die ursprünglichen parallelen Enden; man trifft hierbei ein ausgesprochenes Maximum, wenn die Kreisform (Fig. b) verwendet wird. Der Flächeninhalt ist dann gleichfalls ein Maximum. Je länger der abgebogene Drahtabschnitt ist, desto deutlicher ist der Effekt.

Wenn man jetzt solche konvexe Schleifen entfernt von den Enden in die parallelen Drähte einbog, war die Wirkung die entgegengesetzte, wie die von v. Geitler (Wied. 49, S. 184. 1893) gefundene. Wir haben es hier also mit einem „End"-Phänomen zu thun.

Mit einem besonderen Elektrometer von sehr kleiner Kapacität wurde die Kurve der Intensitätsabnahme der stehenden Wellen ($\lambda = 80$ cm) mit der Entfernung von der Brücke gefunden, welche zeigte, dass die Länge des ausgesandten Wellenzuges ungefähr bis 8 m reicht.

Um eine Polarisation in dem Felde neben den Drähten nachzuweisen, wurde ein Kohärer verwendet, welcher so abgeschirmt war, dass er nur auf die von den benachbarten parallelen Drähten ausgehenden Wellen ansprach. Zum Nachweis der Polarisation wurden Gitter von Draht oder Zinkstreifen benutzt.

Auf der ganzen Länge der Lecherschen Drähte wurden keinerlei polarisierte Verschiebungen gefunden, ob der Kohärer in der Ebene der beiden Drähte oder in derselben Entfernung senkrecht dazu, ob er dicht dabei oder weit von ihnen entfernt lag. Die Wellen verbreiten sich nahezu kreisförmig von den Drähten aus, mit Verschiebungen, die senkrecht und tangential zu ihnen sind; aber es giebt ausserdem Verschiebungen parallel zu den Drähten, welche von dem in denselben fliessenden Strome herrühren. Eine von diesen beiden Komponenten wird in jedem Falle durch das Gitter hindurchgelangen.

Der Kohärer wurde dann in der Verlängerung der Drähte so aufgestellt, dass er auf die Drahtenden hingerichtet war (in 8 cm Entfernung). Auch hier waren in einer Entfernung über 15 cm vom Ende die Wellen nicht polarisiert. Wenn indessen die Drahtenden unmittelbar an das Gitter oder auf ungefähr 8 cm an den Kohärer herangebracht wurden, fand sich eine entschiedene Polarisation. War die Ebene der beiden Drähte horizontal, gab das Galvanometer, bei vertikaler Stellung der Gitterdrähte, einen Ausschlag von durchschnittlich 17 Skalenteilen; keinen dagegen, wenn dieselben horizontal lagen. Drehte man den Analysator, so wurden im Mittel die Zahlen der folgenden Tabelle erhalten:

Winkel der Gitterdrähte gegen die Vertikalstellung	Ablenkung	relative Ablenkung	Cosinus des Winkels
0. °	26	1.0	1.0
22.5°	18	0.7	0.9
45.0°	9	0.35	0.7
67.5°	4	0.16	0.4
90.0°	0	0.0	0.0

Zwei Gitter, ein horizontales und ein vertikales schnitten jede Wirkung ab; aber wenn beide vertikal waren, erhielt man beträchtliche Ausschläge.

Dadurch ist die frühere Behauptung gerechtfertigt, dass sich ein Strahl eben polarisierter Verschiebungen über die Enden der beiden Drähte hinaus fortpflanzt. Es ist auch überzeugend nachgewiesen, dass es die zu den Gitterelementen senkrechte Komponente ist, welche durch dasselbe hindurchdringt. Schon in kleiner Entfernung von den Enden verliert sich dieser eben polarisierte Strahl in den sich ausbreitenden Kugelwellen oder in diffus reflektierten.

Noch vieles über die genaue Beschaffenheit des Feldes in der Nachbarschaft der Drähte könnte wohl durch eine weitere Verwendung des Kohärers im beschriebenen Sinne erforscht werden. Die hier mitgeteilten Versuche sollen nur eine ungefähre quantitative Übersicht geben.

Die vorstehende Untersuchung wurde unter Leitung von Prof. A. W. Wright im Sloane Physical Laboratory of Yale University (U. S. A.) durchgeführt.

(Eingegangen 7. Jan. 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

Über Tauchelektroden.

Von R. Abegg.

Die von F. Kohlrausch[1]) angegebenen Tauchelektroden, mittelst Doppelkapillaren hergestellt, leiden, offenbar wegen der Ungleichmässigkeit der Abkühlung, die bei so kompakten Glasmassen schwer vermeidbar ist, an dem Übelstand, dass sie sehr zum Springen neigen. Da mir dies mehrfach vorgekommen ist, habe ich Glasbläser Schmidt, hier, Schuhbrücke 47 veranlasst, diese Elektroden derart herzustellen, dass die an die Platinbleche angeschweissten Platindrähte durch Hartlot mit dicken Kupferdrähten verbunden, in eine gewöhnliche einfache Glasröhre eingeschmolzen werden; die Berührung der Kupferdrähte wird durch Zwischenschieben eines Milchglasstreifens und Einkitten am oberen Ende mit Marineleim unmöglich gemacht. Bei dieser Konstruktion fällt auch das nicht ganz leichte Füllen der Kapillaren mit Quecksilber fort. Der Preis dieser Ausführungsform beträgt 5 Mk.; dieselbe hat sich bisher gut bewährt.

1) Wied. Ann. 51, 346, 1894.

R. Abegg, Breslau.

(Eingegangen 14. Jan. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Entwickelung der Chemie als technische Wissenschaft.

IV. Teil der am 19. Oktober 1899 in der Festhalle der Königlich Technischen Hochschule zu Berlin anlässlich ihrer Jahrhundertfeier gehaltenen Festreden.[1])

Von Otto N. Witt.

Es liegt nahe, an einem Tage, wie der heutige, wo wir auf das eben vollendete erste Jahrhundert des Bestehens unserer Anstalt zurückblicken, auch den Entwickelungsgang der Wissenschaften im Geiste wieder zu durchmessen, welche zu lehren die Aufgabe dieser Hochschule ist. Zu diesen gehört auch die Chemie in ihren theoretischen Grundlagen sowohl, wie in allen ihren Anwendungen auf die Probleme des gewerblichen Lebens. Die Parallele zwischen dem Entwickelungsgang der

1) Vgl. diese Zeitschrift I, S. 70.

Wissenschaft selbst und demjenigen der Stätte ihrer Lehre muss für das Gebiet der Chemie um so interessanter ausfallen, als beide sich so ziemlich des gleichen Alters rühmen können. Für beide fällt die Zeit ihrer Begründung in die letzten Jahre des 18. Jahrhunderts, aber ihr ganzer Werdegang hat beiden den geistigen Stempel des neunzehnten für alle Zukunft auf die Stirne geprägt!

Im Jahre 1799 gab es noch keine wissenschaftliche Chemie im heutigen Sinne des Wortes. Die Summe der Erfahrungen, welche uns das Zeitalter der Alchemisten und Iatrochemiker hinterlassen hatte, bildete noch ein buntes Chaos, welches der Erklärung und Befruchtung harrte. Die phantastische Phlogistonhypothese war als unhaltbar erkannt, aber die Atomtheorie, die Grundlage der heutigen chemischen Forschung, noch nicht geboren. Der Verbrennungsprozess, der wichtigste aller chemischen Vorgänge, war eben erst seinem Wesen nach erforscht worden und der Sauerstoff selbst, die Ursache aller Verbrennung, gehörte damals zu den neuentdeckten Körpern.

Unter solchen Umständen kann es uns nicht Wunder nehmen, dass in dem Unterrichtsplan für die neuzubegründende Bauschule, welchen unsere Archive heute noch in Form eines sauber geschriebenen Bändchens aufbewahren, der Chemie mit keinem Worte gedacht ist, obgleich wir heute eine elementare Kenntnis dieser Wissenschaft auch bei dem Architekten und Bauingenieur nicht gerne missen möchten. Erst die glänzenden Errungenschaften der ersten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts hatten der Welt so laute Kunde von dem Entstehen und raschen Aufblühen einer wichtigen neuen Wissenschaft gegeben, dass die später begründete zweite Hälfte unserer Hochschule sich veranlasst sah, auch dieser Disziplin eine bleibende Stätte zu gewähren.

Wir pflegen die Begründung der chemischen Wissenschaft auf die Einführung der Wage in das Laboratorium zurückzuführen und infolgedessen Black, Cavendish, Wenzel, Lavoisier, Richter und andere, welche sich zuerst der Wage bedienten, und allmählich die wunderbare Gesetzmässigkeit in den Gewichtsverhältnissen reagierender Substanzen enthüllten, als die Pioniere der chemischen Forschung zu feiern. In der That ist eine rein qualitative Betrachtung chemischer Vorgänge so gut wie unmöglich und wenn wir heute für Unterrichtszwecke die qualitative Analyse von der quantitativen trennen, so ignorieren wir damit nicht die Stöchiometrie in der Wechselwirkung der Körper, sondern wir setzen sie als gegeben und bekannt voraus. In dieser Hinsicht schliesst sich die Chemie auf das Engste an die anderen Disziplinen an, welche unsere Hochschule vertritt. Auch bei der Betrachtung eines Bauwerkes oder einer Maschine werden wir auf rein qualitativem Wege nicht weit kommen; eine wissenschaftliche Durchdringung gelingt erst mit Hilfe messender Methoden.

Die Wage ist bis auf den heutigen Tag das wichtigste Werkzeug des Chemikers geblieben und wird auch für alle Zukunft als solches anerkannt werden. Sie ist dem Theoretiker ebenso unentbehrlich, wie dem technischen Chemiker. Wie mit ihrer Hilfe der Eine neue Reaktionen ihrem Wesen nach erforscht, so bedarf ihrer der Andere zur Kontrolle der Vorgänge, die sich in seinen Apparaten im grossen Massstabe abspielen. Nur mit Hilfe der Wage lässt sich die Bilanz chemischer Prozesse aufstellen, welche die einzige mögliche Probe auf die Richtigkeit der aus unseren Experimenten gezogenen Schlussfolgerungen bildet.

Es lag in der Natur der Sache, dass die Wage ihre ausgiebigste Verwendung zuerst auf analytischem Gebiete fand. Galt es doch zunächst, die ungeheure Menge von Thatsachen zusammen zu tragen, welche als solides Fundament für den kühnen Bau der chemischen Theorien erforderlich waren. Zwar fällt die Errichtung des Grundpfeilers unserer gesamten theoretischen Anschauungen, die Schöpfung der Atomtheorie durch Dalton schon in die allerersten Jahre unseres Jahrhunderts, aber in ihr war das Genie ihres Urhebers seiner Zeit vorausgeeilt und es bedurfte der experimentellen Arbeit eines halben Jahrhunderts und solcher Interpretatoren, wie wir sie zu unserem Glücke in Männern, wie Dumas, Hofmann, Odling, Würtz und anderen fanden, ehe es endlich dazu kam, dass die direkten Konsequenzen der Atomtheorie und der im Jahre 1811 von Avogadro aufgestellten Molekularhypothese in Form der sogenannten atomistischen Anschauungen zu allgemeiner Geltung gelangten. Wie diese zur Lehre von der Valenz der Elemente führten, welche ihrerseits in der Hand des genialen Kekulé zum Schlüssel des Geheimnisses wurde, das scheinbar undurchdringlich über dem ungeheuren Reiche der organischen Verbindungen brütete; wie endlich durch Mendelejeff und Lothar Meyer im periodischen System der Elemente das grosse Gesetz entdeckt wurde, dem die anscheinend regellosen Zahlen der Atomgewichte unterthan sind — das alles ist bekannt und es genügt, darauf hinzuweisen, dass jede einzelne dieser grossen Errungenschaften sich direkt auf die Einführung einer quantitativen Betrachtung chemischer Fragen zurückführen lässt.

Im Besitze eines nie versagenden Hilfsmittels, dessen Anwendung auf jedem Gebiete zu den glänzendsten Entdeckungen führte, schien unsere Wissenschaft jeder Aufgabe gewachsen. Jahrzehnte lang betrachtete sie ihr Rüstzeug

als vollständig und eilte vorwärts von Erfolg zu Erfolg. Immer glänzender wurden die Triumphe, welche sie in der Erforschung der Materie feierte. Element um Element ward der anfangs so bescheidenen Reihe von Grundstoffen hinzugefügt; bald begnügte sie sich nicht mehr mit der Erforschung der Erdrinde, sondern zog die Gestirne, die strahlende Sonne selbst in den Kreis ihrer Forschung. Und zu gleicher Zeit steigerte sie durch Ausbildung der Synthese die Zahl der zugänglichen Verbindungen ins Unermessliche.. Aber das wunderbarste in dieser Kette von Erfolgen war vielleicht die Thatsache, dass fast jeder derselben sich früher oder später als gewerblich verwertbar erwies. So erwuchs mit der chemischen Forschung die chemische Technik. Wieviel diese beiden dazu beigetragen haben, dem 19. Jahrhundert sein Gepräge zu geben, das aufzuzeichnen wird die Geschichte der Civilisation unserer Zeit nicht vergessen!

Einem Triumphator, welcher Sieg um Sieg auf seine Fahnen schrieb, wird man keinen Vorwurf daraus machen dürfen, wenn er nur einen Teil der Waffen benutzte, die ihm zu Gebote standen. Desto freimütiger wird er es aber auch bekennen können, wenn er zu der Einsicht gekommen ist, dass das alte Rüstzeug nicht mehr ausreicht. In dieser Lage befindet sich seit einiger Zeit die Chemie.

Wohl sind die Wege, auf denen ein Berzelius, ein Wöhler, Liebig, Bunsen der Unsterblichkeit zustrebten, zu breiten Heerstrassen geworden, welche nach wie vor Hunderte und Tausende zum Erfolge führen. Noch immer gelingt dem emsigen Sucher die Auffindung neuer Grundstoffe, und die Flut der wertvollen Entdeckungen auf dem Gebiete der organischen Synthese schwillt immer höher. Aber wir erkennen auch, dass wir den uns zukommenden Anteil in der Erkenntnis der Natur nur zur Hälfte in Besitz genommen haben, als wir durch die Einführung quantitativer Forschungsmethoden die Chemie zur Wissenschaft erhoben. Die Erforschung der **Materie** ist uns auf diese Weise gelungen, aber wir haben ein halbes Jahrhundert hindurch übersehen, dass mit der Materie die **Kraft** untrennbar verbunden ist. Wohl ist sich die Chemie von Anfang an klar darüber gewesen, dass jeder chemische Vorgang Kräfte entfesselt oder Kräfte verschlingt. Ist doch gerade die Betrachtung der Verbrennungserscheinungen, von welcher die chemische Wissenschaft ihren Ausgang genommen hat, besonders zu solcher Erkenntnis geeignet. Auch sind wir frühzeitig inne geworden, dass nicht nur die eine Form der Kraft, mit welcher wir Chemiker am liebsten experimentieren, die Wärme, chemische Vorgänge herbeizuführen vermag. Die Kenntnis der chemischen Wirkungen des Lichtes ist alten Datums und schon in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts schuf ein einziger Mann, Sir **Humphrey Davy**, das ganze, breite Fundament für das, was man heute so gern als die jüngste Errungenschaft der chemischen Forschung bezeichnet, die Elektrochemie.

(Schluss folgt.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

C. Heinke (München). Über Wellenstrom-Energie.

Die Formulierung der in einem elektrostatisch gespannten System enthaltenen Energie oder Arbeit A ergiebt,

$$A = \int_0^{E_{max}} Q \cdot d\,E = Q_{max} \cdot E = \frac{1}{2}\, Q_{max} \cdot E_{max},$$

wenn E_{max} und Q_{max} die Endwerte der Spannungsintensität E bezw. der Elektricitätsmenge Q (nach **Maxwell** die durch eine Niveaufläche verschobene Anzahl Frictionsteilchen) bezeichnet. Sie geht bei den elektrischen Ausgleich- oder Strömungsvorgängen, welche notwendig eine bestimmte Zeit beanspruchen, durch Lostrennung des Zeitfaktors t in

$$A = E \cdot \frac{Q}{t} \cdot t = E \cdot \mathfrak{J} \cdot t = P \cdot t$$

über, wenn $P = E \cdot \mathfrak{J}$ als der namentlich technisch wichtige Begriff der Leistung eingeführt wird. Die Messung dieses den Intensitätsgrad der Energiewandlung anzeigenden Wertes P ist bei stationärem Gleichstrom unzweideutig durch Einzelmessung von Spannung E und Stromstärke $\mathfrak{J}$ und Multiplikation derselben ausführbar.

Komplizierter liegen bereits die Verhältnisse bei Wechselstrom, wenn mit dieser Bezeichnung jeder in Spannung e und Strom i rasch periodisch veränderliche, aber **symmetrisch** zum Nullniveau verlaufende elektrische Ausgleichvorgang belegt wird. Bei graphischer Auftragung dies zeitlichen Verlaufes ergeben sich die zwischen e-Kurve bez. i-Kurve und Nullniveau

eingeschlossenen Flächen beiderseits gleichgross. Diese geben ein Mass der entgegengesetzten gleichgrossen und weit rascher als die Schwingungsdauer der üblichen Messinstrumente wechselnden Antriebe, welche alle galvanometrisch oder einfach messenden Instrumente (Galvanometer, Tang. Bouss., Weston und d'Arsonval Instrumente) erfahren, sowie die Erklärung für deren Unfähigkeit zur Anzeige von symmetrischen Wechselgrössen (E und $\mathfrak{J}$). Die effektiven d. h. für die Leistung irgend welcher Art in Frage kommenden Werte müssen daher unabhängig von der Bewegungsrichtung zur Messung gelangen. Dies geschieht durch Benutzung von quadratisch wirkenden Instrumenten (Dynamometer, Hitzdrahtinstrumente und Elektrometer). Die dadurch mögliche Messung der sog. effektiven Mittelwerte zu

$$E = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e^2 \cdot dt} \text{ bezw. } \mathfrak{J} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 \cdot dt},$$

liefert in energetischer Beziehung vergleichbare und der Gleichspannung bezw. Gleichstrom-

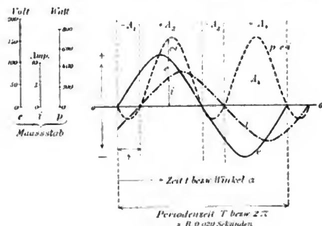


Fig. 1

stärke gleichwertige Grössen der Einzelfaktoren. E und $\mathfrak{J}$ geben aber noch nicht die elektrische Leistung P, da man hierfür stillschweigend immer nur die in andere (nichtelektrische) Formen wirklich übergeführte Energie in Betracht zieht, nicht aber die zwar dauernd bei jenem Ausgleichvorgang beteiligte, aber noch innerhalb derselben Periode wieder in elektrische Energieform zurückverwandelte, oder — unter Benutzung eines optischen Bildes — in den übrigen, der Betrachtung nicht unterworfenen Stromkreis zurückreflektierte. Zwischen den gewöhnlich als Erzeuger- und Verbrauchsgebiete einander gegenübergestellten Kreislaufteilen gleichsam hin und her pendelnd wird dieser Energie- bezw. Leistungsbetrag in dem Produkt $E \cdot \mathfrak{J}$ mitgemessen.

Beim symmetrischen Wechselstrom hat man ebenso wie später beim Wellenstrom 3 Leistungswerte von einander zu unterscheiden (vgl. Fig. 1):

1. Die Momentanleistung

$$p = e \cdot i = (E_m \cdot \sin \alpha)\,[\mathfrak{J}_m \cdot \sin (\alpha - \varphi)].$$

2. Die mittlere sog. „scheinbare Leistung"

$$P_s = E \cdot \mathfrak{J} = \frac{1}{2\pi}(A_1 + A_2 + A_3 + A_4),$$

also unter Zugrundelegung des absoluten Inhaltes aller Energieflächen A innerhalb einer Periode ($T = 2\pi$) ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Momentanleistungen $p = (+e)(+i)$ oder der mittleren Leistungen P_1 bis P_4 der vier Periodenteile. Vielmehr bezieht sich $2\pi \cdot (\mathfrak{J} \cdot E)$ auf die Flächen (vgl. Fig. 1) zwischen der Leistungs-Kurve p und derjenigen Graden als Basislinie, welche parallel zum Nullniveau verlaufend A_1 und A_3 im Klammerausdruck der rechten Gleichungsseite zu Null macht.

3. Die mittlere wirkliche Leistung

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T e \cdot i \cdot dt = \tfrac{1}{2} \cdot E_m \cdot \mathfrak{J}_m \cdot \cos\varphi = E \cdot \mathfrak{J} \cdot \cos\varphi.$$

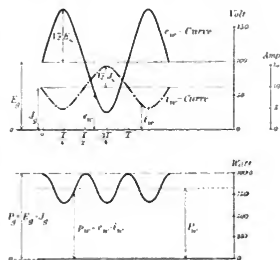


Fig. 2.

Bei den praktisch stets von der Sinuswelle abweichenden Kurven pflegt man aequivalente Sinuswellen in Verbindung mit einer energetisch aequivalenten Phasenverschiebung φ bezw. einem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ einzuführen.

Hat man es mit elektrischen Ausgleichvorgängen zu thun, welche auch periodische Spannungs- und Stromänderungen einschliessen, jedoch so, dass dieselben einseitig, oder allgemeiner unsymmetrisch zum Nullniveau liegen, so machen einfach (galvanometrisch) und quadratisch messende Instrumente Angaben und steigern die Gefahr, eine unrichtige Leistungsmessung zu begehen. Der wahre Leistungswert bei diesen Ausgleichvorgängen mit unsymmetrisch veränderlichen Faktoren (E und $\mathfrak{J}$) soll nun festgestellt werden. Ein solcher gegenüber dem Gleich- und Wechselstrom als Wellenstrom bezeichneter Ausgleich liegt bei allen

sog. Unterbrechern vor, seien dies die älteren mechanischen, wie der Hammerunterbrecher am Ruhmkorff, oder die neueren sog. elektrolytischen mit Gasentladungen, wie derjenige von Wehnelt u. A., wahrscheinlich auch bei vielen reinen Gasentladungen und bei Wechselstrom führenden Kreisen mit polarwirkenden Ausgleich-Widerständen.

Nach meinen Untersuchungen (vgl. *ETZ* 1899 Heft 29 und 30) ergab sich, dass derartige periodische, aber unsymmetrische Ausgleichvorgänge in ein Gleichstromglied und ein aufgelagertes Wechselstromglied mit äquivalenter Sinusschwingung auflösbar sind und dass diese Auflösung die Darstellung der etwas komplizierten Verhältnisse namentlich in energetischer

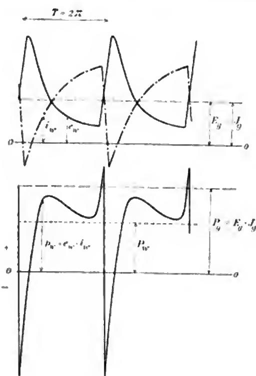


Fig. 3.

Beziehung völlig befriedigend gestattet. Diese ohne Rücksicht auf die wirklichen Maximalwerte E_m und $\mathfrak{J}_m$ vorgenommene, aber energetisch und bezüglich der Mittelwerte äquivalente Auflösung giebt für die momentane Wellenstromstärke i_w (vgl. Fig. 2)

$$i_w = \mathfrak{J}_g + (\sqrt{2}\,\mathfrak{J}_\sim)\sin a$$

und für die Wellenspannung

$$e_w = E_g + (\sqrt{2}\,E_\sim)\sin a,$$

woraus für die effektiven Mittelwerte durch Integration über eine Periode folgt

$$\mathfrak{J}_w = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i_w^2 \cdot dt} = \sqrt{\mathfrak{J}_g^2 + \mathfrak{J}_\sim^2}$$

bezw.

$$E_w = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e_w^2 \cdot dt} = \sqrt{E_g^2 + E_\sim^2},$$

wogegen die galvanometrischen (voltametrischen) Mittelwerte sich zu

$$\frac{1}{T}\int_0^T i_w \cdot dt = I_g \text{ bezw. } \frac{1}{T}\int_0^T e_w \cdot dt = E_g$$

ergeben.

Weiterhin für die Momentanleistung

$$p_w = i_w \cdot e_w$$
$$= [\mathfrak{J}_g + (\sqrt{2}\,\mathfrak{J}_\sim)\sin a]\ [E_g \pm (\sqrt{2}\,E_\sim)\sin(a + \varphi)]$$

und für die wahre Wellenstromleistung

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} p_w \cdot da = \mathfrak{J}_g \cdot E_g + \tfrac{1}{2}\,\mathfrak{J}_m \cdot E_m \cdot \cos\varphi$$
$$= \mathfrak{J}_g \cdot E_g + \mathfrak{J}_\sim \cdot E_\sim \cdot \cos\varphi.$$

Bemerkenswert und anfangs überraschend war das Ergebnis, dass φ auch grösser als 90°,

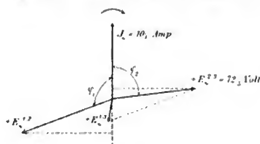


Fig. 4.

also $\cos\varphi$ und mit ihm die Wechselleistung $P_\sim = \mathfrak{J}_\sim \cdot E_\sim \cdot \cos\varphi$ negativ sein konnte, so dass P_w kleiner als die scheinbar zugeführte und durch die Angaben der galvanometrischen Instrumente zu

$$P_g = I_g \cdot E_g$$

ermittelte Gleichstromleistung wurde. Bei dem in serie mit einem eisenhaltigen (oder auch eisenfreien) induktiven Widerstand (L, R) geschalteten Wellenstromerreger, z. B. Wehnelt-Unterbrecher U ergab sich mit der in Fig. 5 angedeuteten Messanordnung mit galvanometrisch und mit effektiv messenden Instrumenten, dass zwischen Punkt 2 und 3 (induktiver Widerstand) stets $P_w > P_g$, hingegen zwischen 1 und 2 (Wellenstromerreger) stets $P_w < P_g$ d. h. die Wechselleistung $P_\sim^{1,2} = E_\sim^{1,2} \cdot \mathfrak{J}_\sim \cdot \cos\varphi_1$ vom Standpunkt der Primärquelle (Accumulatoren) negativ oder von der scheinbaren Gleichstromleistung abzuziehen ist. Dasselbe ist der Fall für $P_\sim^{1,3} = E_\sim^{1,3} \cdot \mathfrak{J}_\sim \cdot \cos\varphi$ d. h. auch hier liegt φ zwischen 90° und 180° und nicht selten nahe an 180° oder $\cos\varphi = -1$, so dass die Wechselleistung voll abzuziehen wäre von P_g,

um P_w zu erhalten. Für diesen Grenzfall ist in Fig. 2 bei einseitigem Verlauf der äquisalenten e_w-Kurve und i_w-Kurve die Konvtruktion der äquivalenten Wellenstromleistungs-Kurve (p_w-Kurve) mit dem wahren Mittelwert P_w gegenüber der scheinbaren Gleichstrom-Leistung $P_g = E_g \cdot J_g$ in rechtwinkligen Koordinaten aufgetragen. Natürlich sind durch Phasenverschiebungen der e_w gegen die i_w-Kurve zwischen 180° und 0° bei unverändertem Niveau von P_g alle Werte der Wellenstromleistung bis zur voll zusätzlichen Wechselleistung möglich, wobei die p_w-Kurve so weit gestiegen ist, bis sie P_g von oben tangiert d. h. P_w so weit oberhalb P_g liegt als in Fig. 2 unterhalb.

In Fig. 3 ist die Konstruktion der Wellenstromleistungs-Kurve dargestellt nicht für eine

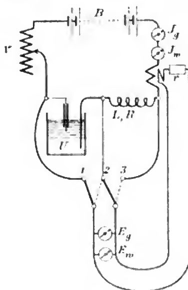


Fig 5.

äquivalente, sondern für die ursprüngliche, verzerrte und den Verhältnissen beim Wehnelt-Unterbrecher voraussichtlich näherkommende Kurven-Kombination, wobei die i_w-Kurve teilweise die Stromrichtung umkehrt; P_w ist hierbei nahezu auf die Hälfte von P_g herabgedrückt. Dass in gewissen Kreislaufstrecken, besonders in der den Wellenstromerreger enthaltenden Strecke, noch kleinere Prozentsätze ($P_w : P_g$) vorkommen, zeigt folgende Messreihe mit der in Fig. 5 gegebenen Messanordnung bei sekundärer Kapazitätsbelastung des als L, R benutzten Igel-Transformators mit 2,4 Mf. wirksamer Kapazität und 0,80 Amp. Ladestrom, wenn der aktive Querschnitt am Platinstift etwa 150 qmm betrug:

Zwischen den Punkten	E_g Volt	E_w Volt	J_g Amp	J_w Amp	P_w Watt	$P_g = J_g \cdot E_g$	$P_\sim$ Watt	$E_\sim$ Volt	$J_\sim$ Amp	φ
1 und 3	51·6	54·5	7 7	12·7	216	397	—181	17·6	10·11	ca. 180°
1 und 2	51·2	92·	7·6	12·6	119	389	—270	76·3	10·06	101°
2 und 3	0·5	72·7	7·5	12·5	90	3·5	+86·5	72·6	10·0	83°

Konstruiert man mit Hilfe der Wechselstromgrössen rechts vom Doppelstrich, welche aus den direkt beobachteten Werten (links vom Doppelstrich), wie oben angegeben, abgeleitet sind, das für die Darstellung mehrerer Spannungskomponenten übersichtliche Polardiagramm, so stellt die Fig. 4 massstäblich die Beziehung zwischen den äquivalenten, effektiv gemessenen Wechsel-Gliedern ($J_\sim$ und $E_\sim$) in Grösse und Phase dar.

Bei allen elektrischen Ausgleichvorgängen mit Wechselstromcharakter darf daher trotz der täuschenden Angaben der Gleichstrominstrumente bei Benutzung einer Batterie oder einer anderen Gleichspannung liefernden Primärquelle, z. B. auch Elektrisiermaschine, die Leistung nicht aus den gemessenen Strom- und Spannungswerten gebildet werden, etwa die von einem Induktorium aufgenommene elektrische Leistung durch Multiplikation von E_g und J_g. Das einzige elektrisch zulässige Messinstrument, welches die wahre Wellenstromleistung mit Hilfe einer Ablesung liefert, bildet vielmehr das Wattmeter (vgl. die Schaltung in Fig. 5). Ist das letztere, wie häufig bei physikalischen Untersuchungen mit kleinen Energiemengen und hohen Spannungen, praktisch nicht benutzbar, so bleibt nur eine indirekte Messung der elektrischen Leistung durch vollständige Überführung derselben in Wärme und calorimetrische Bestimmung derselben in Verbindung mit Zeitmessung übrig, um eine einwurfsfreie Messung der Wellenstromenergie zu erhalten.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 8. Oktbr. 1899.)

Personalien.

Dem Rektor der Technischen Hochschule zu Darmstadt ist für seine amtlichen Beziehungen der Titel „Magnifizenz" verliehen worden. Derzeitiger Rektor ist der o. Professor der Ingenieur-Wissenschaften Geh. Baurat Koch.

Dr. Carl Forch zu Darmstadt wurde die venia legendi für Physik an der Technischen Hochschule erteilt.

An der Universität Berlin haben sich die DD. phil. U. Behn und E. Aschkinass für Physik habilitiert.

Der Professor der Chemie an der Universität Freiburg i/Br. Dr. A. Klaus tritt aus Gesundheitsrücksichten in den Ruhestand.

Der Professor der Chemie G. J. Günning in Amsterdam ist in Grot Zande bei Deutichem im Alter von 72 Jahren gestorben.

Der älteste deutsche Chemiker, Professor Karl Friedrich Rammelsberg, ist 87 Jahre alt in Gross-Lichterfelde gestorben.

Berichtigungen.

In der Mitteilung von K. Schreber, Heft 14, Seite 165 Spalte 1, ist ein — Zeichen vor der Formel in Zeile 12 vergessen.

Heft 15, Seite 178 ist als Name des Verfassers der ersten Mitteilung Carl Forch statt „Forsch" zu setzen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 18. 3. Februar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Rotationspolarisation des Lichtes in Medien, welche der Torsion unterworfen werden[1]).

Von Arthur W. Ewell.

Nach einleitenden Versuchen mit verschiedenen Glasstäben wurde derjenige Stab, welcher die geringste Doppelbrechung zeigte, durch langes Erhitzen und sorgfältiges Kuhlen gegen Springen gesichert. Er wurde dann durch Klammern, die an seinen Enden befestigt waren, um seine Axe gedrillt und parallel zu derselben in einem Scheiblerschen Saccharimeter geprüft.

Um die beträchtliche Doppelbrechung, welche die Drillung veranlasste, auszuschalten, wurden die Ablesungen der Drehung der Polarisationsebene in 8 verschiedenen Azimuten des Stabes, bezogen auf seine ursprüngliche Lage, gemacht. Es ergaben sich einige Unregelmässigkeiten, wenn die Drillung klein war, während grosse Drillung deutlich Rotationspolarisation in dem ihr entgegengesetzten Sinne erzeugte. War das auf die Längeneinheit des Stabes wirkende Drehungsmoment + 3150 grcm, so betrug die Drehung der Polarisationsebene pro cm — 0,47°, während sie + 0,26° bei einem Drehungsmoment von — 3150 grcm war.

Glas ist aber ein ungünstiges Material für diese Versuche, da es nur kleine Drillungen zulässt und meistens Doppelbrechung zeigt. Darum wurden auch Agaragar, gummi sandarach, Gummi Arabicum, Burgundisch Pech, Borax-Glas und Gelatine sorgfältig untersucht; von diesen allen ergab nur Gelatine, welche in einem Gummischlauch gehalten wurde, befriedigende Resultate.

Auf die Enden eines mässig starken, aber weichen Gummischlauches, wenige Centimeter lang, mit einem äusseren Durchmesser von 1,2 cm wurdenGlasplatten aufgekittet. Die Gelatine wurde durch eine entsprechende Menge Wasser bei geringer Erwärmung in eine Gallerte übergeführt, dann durch einen Seitenschlitz in den Gummischlauch gebracht und darin erkalten gelassen. Dieser Schlauch wurde nun mit Hülfe von Klammern, deren Torsionswinkel genau gemessen werden konnte, um seine Axe gedrillt und in einem Doppelquarzpolarimeter untersucht. Mehrere Arten von Gelatinen fanden Verwendung, doch erwies sich gereinigte Kalbsfussgelatine als besonders geeignet.

128 Versuche wurden mit 23 solcher Gallert-Schläuchen gemacht. 110 zeigten deutliche Rotationspolarisation in dem der Drillung entgegengesetzten Sinne. Von den übrig bleibenden 18 zeigten einige wenige einen entgegengesetzten Effekt, aber alle diese wurden als unsicher bezeichnet, als die Versuche gemacht wurden. Die Drillungen wurden bis 51° für die Längeneinheit fortgesetzt und die Drehung der Polarisationsebene war oft grösser wie 5° auf 1 cm. Die Drillung wurde allmählich vergrössert, bis die Gelatine nachgab. Bei jeder Drillung wurden die Ablesungen in sechzehn Azimuten wiederholt, um die Wirkung der Doppelbrechung auszuschalten.

Aus der graphischen Darstellung der Resultate erkannte man deutlich, dass die Drehung der Polarisationsebene eine Funktion der Drillung ist, jedoch von höherem Grade als diese. Wegen des besonderen Verhaltens der verschiedenen Säulen konnte ein genaues Gesetz jedoch nicht festgelegt werden.

Die Gallerte verhielt sich wie ein elastischer fester Körper und floss nicht etwa nach einiger Zeit wie eine Halbflüssigkeit. Die Drehung der Polarisationsebene nahm nur wenig ab, wenn eine kräftige Drillung stundenlang fortgesetzt wurde; und sie kehrte nahezu vollständig in ihren ursprünglichen Zustand zurück, wenn diese schliesslich aufgehoben wurde.

Auch in einer zur Torsionsaxe senkrechten

1) Ausführlich in Americ. Journ. of Science, Aug. S. 1899.

Richtung wurde die Wirkung der Drillung geprüft, doch konnte keine befriedigende Beobachtung gemacht werden.

Die optische Wirkung einer Torsion ist auf mathematischer Grundlage von F. E. Neumann und experimentell von Drion und Wertheim bearbeitet worden, doch erhielt keiner der letzteren endgültige Resultate.

Diese Untersuchung zeigt, dass die Drillung eine Rotationspolarisation der parallel zur Axe der Drillung verlaufenden Strahlen bewirkt; dass die Drehung der Polarisationsebene der Drillung entgegengesetzt und dass sie eine Funktion derselben ist, aber von höherem Grade als sie.

Sloane Physical Laboratory, Yale University, U. S. A.

(Eingegangen 16. Jan. 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

Diffusion der X-Strahlen im Innern der Körper.

Von Henri Dufour.

Man weiss heute bestimmt, dass die Röntgenstrahlen, obwohl sie weder gebrochen noch reflektiert werden, von seiten der Körper, auf welche sie fallen, gewisse Modifikationen erleiden. Sagnac[1]) hat in seinen Arbeiten auf eine Anzahl solcher Veränderungen hingewiesen, Hurmuzescu[2]) bestätigt dieselben. Bisjetzt wurde diese Veränderung hauptsächlich an den Stellen, wo die X-Strahlen in die Körper eindringen oder aus ihnen austreten, beobachtet und studiert. Häufig nämlich bemerkt man gleichzeitig Wirkungen, die sowohl den direkten Röntgenstrahlen zuzuschreiben sind, als auch gewissen Rückwirkungen, die von den bestrahlten Stellen der Körper aus diffundieren. Die folgenden Versuche bezwecken das Studium der Veränderungen, welche im Innern der durch die X-Strahlen getroffenen Körper an solchen Stellen stattfinden, welche von der direkten Strahlung nicht getroffen werden können.

Die Strahlen einer in eine Bleikiste eingeschlossenen Entwicklungsröhre konnten nur durch einen rechtwinkligen Bleikanal von 7,5 cm Länge und 3×4 cm Querschnitt austreten, welcher somit ein bestimmtes Strahlenbündel begrenzte.

Eine Leiste von Nussbaum- oder Tannenholz, vom Querschnitt 5×5 cm, wurde unter einem Winkel von 45^0 gegen die Längsaxe durchschnitten und die Schnittfläche an die Bleiröhre so angelegt, dass das Strahlenbündel die Fläche senkrecht traf. Die Längsaxe des Holzes bildete dann einen Winkel von 45^0 mit der Axe des Röntgenstrahlenbündels. Die Länge der Leiste war im Mittel 15 cm, so dass das Ende derselben von den Röntgenstrahlen direkt nicht getroffen werden konnte.

Trotzdem erhielt man am äussern Ende des Holzes scharfe Photographien von demselben und von daraufgelegten Bleigegenständen. Jedoch musste die photographische Platte oder der fluorescierende Schirm in Berührung mit dem Holze sein. Denn schon bei kleiner Entfernung ist das Bild flau und ohne scharf begrenzte Umrisse, wie wenn es von einer, das Licht nach allen Richtungen hin diffundierenden Fläche ausgegangen wäre.

Die Versuche wurden in dem Sinne abgeändert, dass man vermittelst eines Holz- oder Paraffincylinders, welcher senkrecht zu den Röntgenstrahlen stand, photographierte. Die Lichtabgabe fand in diesem Falle durch die beiden Endflächen statt, und die austretenden Strahlen konnten wieder keinen direkten X-Strahl enthalten.

Ein mit Paraffinöl gefüllter Trog sendet auf seiner ganzen Oberfläche Strahlen aus, welche zu der Richtung der sie durchdringenden X-Strahlen senkrecht sind.

Lässt man durch mehrere hintereinander gestellte Tröge aus Ebonit, welche verschiedene Substanzen enthalten, X-Strahlen hindurchgehen, so beobachtet man, dass jede Substanz nach allen Richtungen hin Strahlen abgiebt, für welche die X-Strahlen Reiz-Strahlen (rayons excitateurs) sind. Diesen diffundierenden Strahlen wohnt ein gewisses Durchdringungsvermögen inne, da sie im stande sind, auf photographische Platten einzuwirken, welche in 2 oder 3 Lagen Papier eingewickelt sind. Jede Scheibe, welche in einem Teile der Flüssigkeit die X-Strahlen hemmt, hebt auch die Bildung der diffundierenden Strahlen auf.

Es erhob sich die Frage: Behalten die den X-Strahlen unterworfenen Substanzen die Eigenschaften, sekundäre Strahlen ausströmen zu lassen, einige Zeit hindurch bestehen, nachdem der Reiz schon aufgehört hat?

Die Versuche haben bis jetzt ein zweifelhaftes Ergebnis gehabt: Verschiedene Substanzen, wie Blei, Aluminium, Messing, welche auf ein Brett befestigt und den X-Strahlen unterworfen waren, haben, in die Dunkelkammer gestellt, nach einigen Stunden auf den Platten einen Eindruck hervorgerufen. Das durch die Strahlen beeinflusste Zink reagiert sehr energisch; da jedoch Versuche gezeigt haben, dass dieses Metall selbst ohne dass es den Strahlen ausgesetzt war, eine direkte und intensive Wirkung auf die photographischen Platten ausübt,

1) Journal de physique, III t. VIII. 1899, p. 65.
2) Archives des Sciences physiques et nat., juin 1899.

so können die mit diesem Körper ausgeführten Versuche nur mit grosser Vorsicht aufgenommen werden. Die Wirkung frisch gereinigten Zinkes äussert sich auf der Platte selbst durch ein Blatt Papier hindurch, ob nun das Metall den Strahlen ausgesetzt war oder nicht[1]); daraus geht hervor, dass man vor allem die Wirkung des Metalles für sich allein aufheben muss, wenn man die Wirkung der durch dieses Metall veränderten Strahlen erkennen will. Die Frage, ob die X-Strahlen eine der gewöhnlichen Phosphorescenz ähnliche Wirkung ausüben, ist somit durch die vorliegenden Versuche noch nicht entschieden. Dieselben deuten im allgemeinen auf ein positives Resultat, jedoch müssen dieselben noch wiederholt und abgeändert werden.

1) Die Wirkung der Metalle auf photographische Platten wurde eingehend von W. J. Russell studiert. (Bakerian Lecture 1898.)

Vermittelst der elektrischen Methode (Entladung eines Elektroskopes) angestellte Versuche haben nicht gezeigt, dass die Wirkung der X-Strahlen auf die ihrem Einflusse ausgesetzten Metalle oder festen Isolatoren eine andauernde ist.

Lausanne, Laboratoire de physique de l'Université.

(Eingegangen 21. Jan. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Entwickelung der Chemie als technische Wissenschaft.

IV. Teil der am 19. Oktober 1899 in der Festhalle der Königlich Technischen Hochschule zu Berlin anlässlich ihrer Jahrhundertfeier gehaltenen Festreden.

Von Otto N. Witt.

(Schluss.)

Unter solchen Verhältnissen scheint es uns heute kaum begreiflich, dass bis in die sechziger Jahre unseres Jahrhunderts hinein die Chemiker nicht daran gedacht haben, ihre mit so grosser Sorgfalt ausgeführten Wägungen auch durch die Messung der Kräfte zu ergänzen, welche bei chemischen Vorgängen auftreten und damit teilzunehmen an dem wunderbaren Aufschwung, welchen die Entdeckung des Prinzips von der Erhaltung der Energie auf allen Gebieten der exakten Wissenschaften hervorgebracht hatte.

Aber hat nicht die Menschheit Jahrtausende lang den Sauerstoff der Luft geatmet, ohne sich seiner Existenz bewusst zu werden? Hat nicht die Phlogistontheorie, welche uns heute als der Gipfel des Widersinns erscheint, dem scharfen Verstande eines Newton und Leibniz genügt? Das Zustandekommen wissenschaftlicher Erkenntnis ist nicht allein abhängig von dem Bekanntsein der Thatsachen, die zu solcher Erkenntnis führen, sondern auch davon, ob die Denkweise der Zeit reif ist, aus diesen Thatsachen die richtigen Schlüsse zu ziehen.

Der Begriff der Kraft ist dem Menschen seit Jahrtausenden geläufig, die Erkenntnis vom Wesen der Kraft und ihrem Zusammenhang mit der Materie ward erst der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts beschieden. Wie das Erwachen eines Kindes mutet es uns an, wenn die Mechanik nach Jahrhunderte langem Bestehen plötzlich das Bedürfnis nach einem Maasse der Kraft empfindet und keinen anderen Ausdruck dafür findet als den Vergleich mit der Leistung eines Tieres! Und welche Fülle schöpferischer, geistiger Arbeit liegt zwischen diesem Notbehelf und dem ehernen Begriff des Sekundenkilogrammeters, welcher die drei Grundbegriffe naturwissenschaftlichen Denkens zusammenfasst?

Nicht nur die Physik, auch die Chemie bedurfte der Erziehung durch einen Robert Mayer, Joule, Helmholtz, Maxwell, ehe sie für die volle Erfassung ihrer Aufgaben reif war. Aber indem sie sich in solcher Schule zu neuen, höheren Zielen durchrang, fand sie auch das, was ihr bis dahin gefehlt hatte, den Anschluss an die übrigen exakten Wissenschaften.

Die ersten Schritte in der neuen Richtung mussten naturgemäss über schon durchmessenes Gebiet gehen. Vorgänge, welche längst zur Genüge erkannt schienen, mussten im Lichte des neuen Gedankens aufs Neue studiert werden. In die Bilanz des chemischen Prozesses waren neben den Gewichtsmengen der Ingredienzien und Produkte auch die Kraftmengen einzusetzen, welche entbunden oder latent werden. So entstand die Thermochemie, welcher freilich keine Spur mehr von dem romantischen Hauche anhaftete, der uns aus der Zeit der alten Zauberküchen zunächst noch geblieben war. An die Stelle schimmernder Krystalle und bunter Flammen- und Farbenerscheinungen, welche sonst aus chemischen Experimenten hervorgegangen waren, traten Calorien und endlose Zahlenreihen. Aber mit der Thermochemie begann die Verwirklichung des prophetischen Wortes, mit welchem vor hundert Jahren Richter die Chemie als „einen Teil der angewandten Mathematik" bezeichnet hatte.

Die Erfolge solcher emsigen Neubestellung längst durchackerter Gebiete liessen nicht lange

auf sich warten. Die theoretische Chemie zog aus der thermochemischen Betrachtungsweise der Vorgänge unberechenbaren Nutzen, indem sie Dinge verstehen lernte, die vorher unerklärlich geblieben waren. Das Geheimnis der umkehrbaren Reaktionen wurde entschleiert, die Wirkung vieler Kontaktsubstanzen erklärt, die Gesetzmässigkeit explosiver Vorgänge enthüllt. Die Begriffe der Wärmetönung, der Endothermie und Exothermie wurden geschaffen und bei der Lösung neuer Probleme verwertet. Aber wunderbarer noch vielleicht war die befruchtende Wirkung der neuen Betrachtungsweise auf die chemische Technik. Die Industrie, welche bis dahin ihre Kessel und Retorten ungefähr in der Weise befeuert hatte, wie das Stubenmädchen den Ofen heizt, ward sich plötzlich der Thatsache bewusst, dass die Durchführung eines chemischen Prozesses in der Wärme die Auslösung zweier parallel laufender chemischer Vorgänge darstellt, von denen der eine die Kraft absorbiert, welche in dem anderen frei wird; da nun bei beiden die auftretende Wärmetönung messbar ist, so lässt sich direkt eine Beziehung zwischen beiden finden, deren wirtschaftliche Bedeutung gar nicht hoch genug veranschlagt werden kann. Diese Erkenntnis, welche in der modernen Feuerungstechnik ihren glänzendsten Ausdruck findet, hat vollständig umgestaltend und in hohem Grade veredelnd auf die gesamte chemische Industrie eingewirkt.

Erst nachdem unsere Wissenschaft durch die Schöpfung und den Ausbau der Thermochemie vertraut geworden war mit dem Wesen der Kraftbewegung bei chemischen Prozessen, war sie reif, um auch ihren Anteil an der Ausnutzung der elektrischen Energie zu verlangen, deren Dienstbarmachung für die letzten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts charakteristisch ist. Es war kein Zufall, wenn sich sechzig Jahre lang kein Erbe für das Vermächtnis gefunden hatte, welches der sterbende Davy der Menschheit hinterliess. Was qualitativ mit Hilfe elektrischer Kräfte auf chemischem Gebiete zu erringen war, hatte der geniale Autodidakt so ziemlich erschöpft und selbst der grosse Bunsen hatte nur wenig hinzuzufügen vermocht; ein neuer Fortschritt auf diesem Gebiete verlangte eine neue Chemie, welche nicht nur die Materie zu wägen, sondern die Kraft zu messen verstand. Aber eine Chemie, welche dieser Aufgabe gewachsen war, musste sich zu den Erfolgen durchringen, von denen unsere heutige elektrochemische Industrie beredte Kunde giebt. Selbst der Adlerblick eines Liebig, des kühnsten und weitschauendsten aller Chemiker, hat die Zukunft nicht erspähen können, welche heute schon zur Wirklichkeit geworden ist, die Zeit, in welcher zwischen der Energie eines stürzenden Wasserfalls oder einer sausenden Dampfmaschine und der Dissociationsgrösse des Kochsalzes oder des Chlorkaliums ein bestimmtes zahlenmässig ausdrückbares Verhältnis besteht.

Eine direkte Folge des Umschwungs unserer chemischen Denkweise, den ich hier in aller Kürze zu schildern versucht habe, ist die Entstehung und das rasche Aufblühen jener Disciplin, welche man heute als physikalische Chemie bezeichnet. In wenigen Jahren hat dieselbe die Kluft überbrückt, welche noch vor kurzem den Chemiker von dem Physiker schied. Von den rein chemischen Vorgängen führt uns heute das Studium der Dissociations- und Ionisationserscheinungen, der Lösungsvorgänge, Schmelzpunktserniedrigungen und Siedepunktssteigerungen hinüber zur reinen Molekularphysik.

Wohl sind die Errungenschaften dieser neuen Zweige der Chemie mit denen der alten Richtung noch nicht im Entferntesten zu vergleichen. Trotzdem verdienen sie die höchste Anerkennung. Denn durch ihre Schöpfung hat die chemische Wissenschaft bewiesen, dass sie, jugendfrisch und kühn, im gleichen Schritte mit den übrigen exakten Wissenschaften dem mechanistischen Zuge unserer Zeit zu folgen vermag, dass sie eng und untrennbar mit denjenigen technischen Wissenschaften verbunden ist, in deren Vertretung diese Hochschule und ihre Schwestern im Reiche ihre hohe Aufgabe erblicken.

Ist mit diesen Ergebnissen eines Jahrhunderts emsiger Forschung die Grenze der Entwickelung erreicht, welche unserer Wissenschaft zu teil werden soll? Sicherlich nicht! Wer vermöchte zu ermessen, was im Schosse der Zukunft verborgen liegt! Aber es bedarf keines Seherblickes, um in der dämmernden Ferne des kommenden Jahrhunderts die Umrisse wenigstens einiger der Aufgaben zu erkennen, welche der chemischen Wissenschaft zu lösen bleiben. Es sei mir gestattet, nur die wichtigsten derselben zu streifen.

Zweifältig, wie der Werdegang der Chemie, sind diese grossen Probleme, welche zu lösen ein kommendes Geschlecht berufen ist. Denn auch sie beziehen sich auf das Wesen der Materie und das Wesen der Kraft.

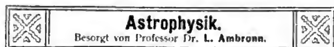
Die Materie, mit welcher wir heute noch operieren müssen, ist uns ein Rätsel, denn sie besteht aus mehr als siebzig Modifikationen, welche unvermittelt nebeneinander stehen. Unser Geist, dem die Kontinuität der Kraft zur Gewissheit geworden ist, sträubt sich gegen die Annahme der Verschiedenartigkeit der Materie. Wie eine Verheissung steht das wunderbare Zahlenrätsel des periodischen Gesetzes vor uns und deutet auf die kommende Offenbarung der Urmaterie, welche allen Elementen zu Grunde liegt. Was die Chemie in ihren Kindertagen als ein Ammenmärchen über Bord werfen zu

dürfen glaubte, der Glaube an die Transmutation der Elemente, ist heute der Leitstern geworden, dem wir hoffnungsfreudig ins kommende Jahrhundert folgen.

Aber auch mit dem Studium der Kraft ist die Chemie noch nicht im Reinen. Die Kräfte, welche wir in den letzten Jahrzehnten bei chemischen Vorgängen zu beobachten und zu messen gelernt haben, sind Erscheinungen sekundärer Natur. Die chemische Energie selbst, durch deren Verwandlung diese Kräfte in Erscheinung treten, ist uns nach wie vor ein Rätsel. Die Energiegrössen, welche wir bei unseren Messungen finden, enthüllen uns nur das Facit, nicht aber das Wesen der intramolekularen und interatomistischen Vorgänge. Daher fehlt uns auch bis jetzt die klare Vorstellung und der zahlenmässige Ausdruck für den Zusammenhang der chemischen Energie mit den übrigen Kräften, es fehlt uns das chemische Arbeitsäquivalent. Wir wissen auf das Bestimmteste, dass die chemische Energie sich nicht nur in Wärme, sondern auch in Licht und Elektricität zu verwandeln vermag; dass eine direkte Umsetzung chemischer Arbeit in Bewegung möglich ist, das wird in hohem Grade wahrscheinlich gemacht durch die von der physiologischen Chemie beim Studium der Arbeitsleistungen der Tiere gesammelten Thatsachen; aber es fehlt uns vorläufig der richtige Angriffspunkt zur Erforschung solcher Vorgänge. Die endgültige Beantwortung dieser und verwandter Fragen wird vielleicht eben so lange auf sich warten lassen, wie die Lösung des Rätsels der Materie; aber wir geben die Hoffnung nicht auf, auch auf diesem Gebiete vorwärts zu kommen. Wenn seine Durchforschung angebahnt sein wird, dann werden wir vielleicht von einer „mechanischen" oder „kinetischen" Chemie reden dürfen, welche den Ring schliesst, in dem sich die exakten Wissenschaften immer näher gerückt sind.

Voll froher Hoffnung steht unsre Technische Hochschule an der Schwelle der Zeit. Auch sie ist sich bewusst, die Gabe der ewigen Jugend empfangen zu haben, welche ihre älteren Schwestern, die Universitäten schmückt. Voll freudiger Hoffnung blickt sie hinaus in die dämmernde Zukunft und träumt von Jahrhunderten kommenden Glanzes. Aber ihre Hoffnungen können sich nur erfüllen, wenn auch die Wissenschaften, welche sie zu hüten berufen ist, die Kraft der steten Verjüngung in sich tragen. Von solcher Kraft fühlt sich die chemische Wissenschaft beseelt. Ein neues Forschergeschlecht wird in diesen Räumen die Begeisterung der Jugend für neue chemische Theorien entflammen. Was uns heute noch als unumstössliche Wahrheit erscheint, wird durch Besseres ersetzt und in das Massengrab gelegt werden, in dem die überlebten Arbeitshypothesen schlummern. Aber die Chemie als Wissenschaft ist ewig jung und unsterblich, wie die Kraft und die Materie, die sie erforscht!

REFERATE.



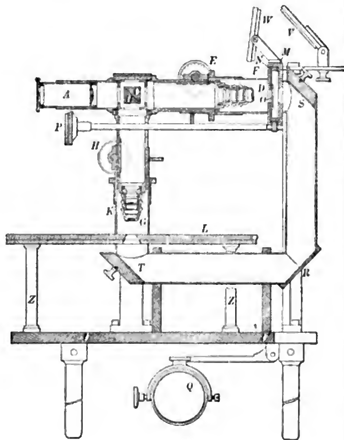
Über die relative Helligkeit der Planeten Mars und Jupiter nach Messungen mit einem neuen Photometer. Von Dr. J. Hartmann. (Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften 1899. XXXVI. Juli 20.)

Vor einigen Monaten wurde von Dr. J. Hartmann ein neues Photometer angegeben und von O. Töpfer in Potsdam auch ausgeführt.[1]) Dasselbe soll dazu dienen, in vorwurfsfreier Weise die Flächenhelligkeit einzelner Stellen eines oder verschiedener Photogramme mit einander zu vergleichen, oder mit anderen Worten, den Grad der Schwärzung, die Dichtigkeit des Silberniederschlages, zu bestimmen, den man, abgesehen von Solorirationserscheinungen, proportional der aktinischen Wirkung des von dem aufgenommenen Objekte ausgehenden Lichtes setzen kann, wenn die übrigen Faktoren: Belichtungsdauer, Empfindlichkeit und Entwickelungsmethode als gleich angenommen werden können.

Der von Hartmann angegebene Apparat besitzt die in umstehender Figur schematisch dargestellte Einrichtung. Es ist *U* die auf 4 Stufen ruhende Grundplatte, auf welcher sich ein runder Tisch mit Ebonitdeckplatte *L* von circa 25 cm Durchmesser erhebt. Senkrecht über der centralen Lichtöffnung steht das Mikroskop *AG*, welches in der rechtwinkelig angesetzten Röhre das Okular *A* trägt; dasselbe Okular dient aber auch als solches für das Objektivsystem *D*, so dass man bei Einschaltung einer geeigneten Reflektionseinrichtung mittelst *A* sowohl ein Objekt unter *G*, als auch ein solches vor *D* wahrnehmen kann. Unter

1) Zeitschr. für Instkde., 1899, Heft 4.

G kommen nun die zu vergleichenden Stellen einer photographischen Platte zu liegen, und bei *O* schiebt sich ein Photometerkeil entlang. Wird jetzt bei *B* ein Lummer-Brodhunsches Prisma eingeschoben, so kann man je nach der Form des im Prisma *C* ausgesparten Teiles sowohl flächen- als auch linienförmige Objekte auf der photographischen Platte mit entsprechenden Stellen des Keiles in Vergleich setzen und erzielt dabei den Hauptvorteil dieser photometrischen Methode, dass das zu vergleichende Objekt aus seiner Umgebung völlig ausgelöst und in inniger Berührung mit dem Bilde des Vergleichskeiles erblickt wird. Da die weiteren



Einrichtungen, als durchaus gleichmässige Beleuchtung, Fokaleinstellung und genau messbare Verschiebung des Keiles u. s. w., dem Physiker ohne weiteres aus der Figur verständlich sein werden, mag hier von näherer Beschreibung des sinnreichen Apparates abgesehen, und vielmehr gleich eines der ersten in oben angeführter Schrift niedergelegten Messungsresultate angeführt werden.

Gleich nach dem Bekanntwerden des Daguerreschen Lichtbildprozesses verglichen Fizeau und Foucault die Intensität des Sonnenlichtes mit irdischen Lichtquellen, später wurden von Bunsen und Roscoe mittelst Chlorsilberpapiers die Intensitäten des Sonnenlichtes bei verschiedener Höhe zu verschiedenen Jahreszeiten verglichen, und G. P. Bond in Cambridge verglich 1851 mittelst des dortigen 14-Zöllers Mond und Jupiter.

Später wurden solche Untersuchungen von Lohse in Potsdam gemacht, welcher bei der nahen Zusammenkunft von Jupiter und Mars beide Planeten 1883 auf derselben Platte aufnahm. Aus diesen leitete man das Helligkeitsverhältnis $\frac{\text{Jupiter}}{\text{Mars}} = 1 \cdot 677$ ab, wonach Jupiter photographisch 0,561 Grössenklassen heller war als Mars.

Nach den gemachten Erfahrungen ist es gewiss, „dass die Methode der Messungen von Flächenhelligkeiten, besonders unter Anwendung der Photographie geeignet ist, eine grosse Anzahl wichtiger photometrischer Fragen mit ganz ausserordentlicher Sicherheit zu beantworten". Die Möglichkeit exakter Vergleichung ist durch das erwähnte Photometer gegeben, und zwar sind die folgenden Messungen mit demselben nur auf die Annahme gegründet, dass zwei Lichtquellen photographisch gleich hell sind, wenn sie auf derselben Platte in gleichen Zeiten gleiche Schwärzung erzeugen. — Streng giltig für monochromes Licht, genähert richtig aber auch für weisses Licht, wenigstens mit derselben Annäherung, wie sie für das mit dem Auge wahrnehmbare Strahlengebiet gilt. — Bei Anwendung von Spektrographen mit genau messbarer Spaltweite kann auch dieses Moment noch zur Variierung der Intensitäten gebraucht werden, und es werden für dasselbe Spektralgebiet dann bei gleicher Schwärzung die Intensitäten auch umgekehrt proportional den benutzten Spaltweiten sein.[1]) Die vorgenommenen Messungen beziehen sich auf Mond, Mars und Jupiter; die erste Reihe wurde am 23. Mai 1899 gemacht. Es wurden der Reihe nach die Spektra von Mond und Mars bei den Spaltweiten

Mill.	0.02	0.03	0.13	0.04	0.05	0.09
Platte	(60)	(61)	(62)	(63)	(64)	(65)
	Mond	Mond	Mars	Mond	Mond	Mars

auf Platten von 15 × 80 mm, die aus einer solchen von 13 × 18 cm ausgeschnitten waren, photographisch aufgenommen. Die erste und letzte Aufnahme zeigte sich zu schwach, es wurden daher nur die anderen an 9 Stellen ausgemessen, wobei sich folgende Keilablesungen ergaben:

1) Es ist bekannt, dass man wegen der entstehenden Beugungswirkungen den Spalt nicht zu eng nehmen darf. Da aber das Brennpunktsbild des Objektes auch stets einen bestimmten Teil des Spaltes ganz ausfüllen muss, wenn die Voraussetzungen erfüllt sein sollen, so ist mit der Grösse dieses Bildes auch eine obere Grenze für die Spaltweite gegeben.

Bei Wellenlänge:	Mittel aus zwei unabhängigen Ausmessungen: (61) ☾	(62) ♂	(63) ☾	(64) ☾	Interpolierter Helligkeitsunterschied: Mond : Mars
448.5 μμ	49.1	45.8	40.6	37.4	1.50
48.1	52.6	48.0	44.4	40.4	1.44
47.8	48.8	45.5	40.2	36.8	1.50
43.9	49.2	43.9	41.2	37.4	1.42
39.8	50.8	44.2	42.4	39.2	1.37
38.0	51.8	45.7	42.3	40.2	1.44
33.5	51.4	46.2	43.3	40.5	1.42
31.1	63.5	54.1	51.6	47.8	1.38
27.9	52.2	47.2	44.2	41.4	1.44

Dr. Hartmann leitet aus diesen Zahlen folgende Schlüsse ab, welche das ganze Verfahren besonders gut erkennen lassen: „Die Zahlen zeigen, dass die Schwärzung der Marsplatte zwischen derjenigen der beiden Mondplatten 61 und 63 etwa in der Mitte liegt. Wäre sie gleich der Platte 61, so würde, da sich die Spaltweiten bei diesen Platten wie 13:3 verhielten, das Helligkeitsverhältnis Mars : Mond gleich 3 : 13 folgen, oder Mars würde 1.592 Grössenklassen schwächer als der Mond[1]) sein. Wäre andererseits Platte 62 gleich der Mondplatte 63, so folgte daraus, dass Mars um 1.280 Grössenklassen schwächer als der Mond wäre. Die Interpolation zwischen diesen beiden Werten giebt mit Berücksichtigung der durch Platte 64 gegebenen zweiten Differenzen die Zahlen in Spalte 6 der obigen Tafel.

Aus den Unterschieden beider getrennt reducierten Messungsreihen berechnet sich der W. F. einer Messung zu nur ± 0.019 Grössenklassen, was bei der Benutzung des nicht für photographische Strahlen achromatisierten Schröderschen Refraktors als ein sehr gutes Resultat bezeichnet werden kann.

Eine zweite etwas ausgedehntere Reihe von Aufnahmen, bei welcher auch die Fokusierungen des Spaltes geändert wurden, zeigte, dass mit dieser Änderung sich auch die Stelle der Maximalschwärzung im Spektrum ändert, wie bei dem angewandten Instrument zu erwarten. Werden nur diese Stellen bei der Messung berücksichtigt, so ergeben sich aus 6 Mars- und 3 Mondaufnahmen bei den Spaltweiten 0.11 mm für Mars und 0.02, 0.03 und 0.04 mm für Mond die nachstehend unter II gegebenen Helligkeitsunterschiede:

II. ☾ — ♂ λ	Helligkeitsunterschied.	λ	Helligkeitsunterschied.	III. ☾ — ♃ λ	Helligkeitsunterschied.	
472.0	1.23	439.8	1.26	476.3	1.26	1.27
66.7	1.20	38.0	1.22	69.5	1.27	
65.9	1.21	33.5	1.26	64.6	1.21	
62.8	1.24	31.1	1.20	51.5	1.34	
56.9	1.24	27.9	1.26	41.2	1.40	1.41
56.5	1.24	22.5	1.34	38.0	1.39	
56.0	1.28	19.7	1.32	33.5	1.43	
53.5	1.28	19.4	1.34	20.5	1.43	1.47
48.5	1.28	16.5	1.38	15.9	1.45	
48.1	1.27	14.6	1.31	11.0	1.52	
47.8	1.30	14.4	1.28	03.6	1.64	
43.9	1.24	12.0	1.34			

1) Es bezieht sich die Helligkeit des Mondes natürlich nur auf ein bei den Aufnahmen auf den Spalt gehaltenes bestimmtes Gebiet desselben. —

Um die gefundenen Werte von der Wirkung der Extinktion zu befreien, wurden bei dem völligen Mangel von Untersuchungen über den Extinktionskoefficienten der hier in Betracht kommenden Spektralgebiete auf Grund des Müllerschen Extinktionskoefficienten und der Potsdamer Tafel die nötigen Reduktionsfaktoren berechnet, und damit fand sich der Helligkeitsunterschied zwischen Mond und Mars für die Spektralgebiete zwischen:

472 — 453 μμ + 1.42 Grössenklassen
449 — 428 + 1.48
423 — 412 + 1.61.

Aus der Gesamtdiskussion der Einzelwerte, namentlich der an verschiedenen Tagen gewonnenen Resultate, zeigt sich, dass auf diesem Weg eine ausserordentlich grosse Genauigkeit der Helligkeitsmessungen erlangt werden kann, was besonders dem Umstande zugeschrieben werden kann, dass es bei der photographischen Methode möglich ist, kleine Helligkeitsunterschiede mittelst Variation der anderen Elemente durch recht erhebliche Unterschiede in der Schwärzung wiederzugeben.

Die Vergleichung von Mond und Jupiter wurde auf ganz analoge Weise mittelst einer Reihe von Platten des Mond- und des Jupiter-Spektrums ausgeführt, und ergab nach Reduktion wegen Extinktion die oben unter III gegebenen Resultate.

Werden Gruppenmittel von ☾ — ♂ und ☾ — ♃ miteinander in Vergleich gesetzt, so findet man für das der Beobachtung unterworfene Spektralgebiet als Mittelwert ♂ — ♃ = + 0.12 Grössenklassen. Auf die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne reduciert, erhält man damit immer noch einen wirklichen Unterschied der Flächenhelligkeit beider Planeten von 0.02 Klassen, um die ♃ heller ist als Mars. Die interessante Frage nach dem Strahlungsvermögen der Oberflächen (ihrer „Albedo") beantwortet sich auf Grund dieser Daten dahin, dass Jupiter blaues und violettes Licht 11.9 mal besser reflektiert als Mars, was natürlich des letzteren rote Färbung auch schon dem Auge bemerklich macht. Aus anderweitigen Messungen hat sich ergeben, die Albedo des Mars der Einheit gleich gesetzt: Nach G. Müller aus photometrischen Messungen des optischen Teiles des Spektrums: Albedo d. ♃ = 2.8.

Aus vorstehenden Messungen für das Gebiet zwischen

λ = 476 μμ bis 411 μμ, Albedo d. ♃ = 11.9.

Aus den Messungen Lohses auf photographischem Weg, wobei auch die ultravioletten Strahlen mitwirkten

Albedo d. ♃ = 18.8 .

Diese Zahlen zeigen besonders deutlich, wie wichtig es ist, solche Untersuchungen für bestimmte Stellen des Spektrums auszuführen, und diese eröffnen zugleich ein weites Gebiet der physikalischen Forschung, weshalb auch die etwas eingehende Besprechung der Hartmannschen Arbeit hier gerechtfertigt sein mag.

L. Ambronn.



Allgemeine Chemie.

Besorgt von Professor Dr. R. Abegg.

Elektrolyse von Gallerten und ähnliche Untersuchungen. Von R. E. Liesegang. (Düsseldorf, Selbstverlag 1899.)

Die vorliegenden Versuche des Verfassers, der sich schon vor einiger Zeit eingehend mit den chemischen Reaktionen in Gallerten beschäftigte (vgl. hierzu das Ref. Zeitsch. physik. Chem. 29, 571), nehmen ihren Ausgang von dem Bestreben, mit Hülfe rein physikalisch-chemischer Mittel den Vorgang der Muskelzuckung nachzuahmen. Dies gelingt zwar nicht, doch beobachtete Liesegang dabei eine Reihe von Erscheinungen, welche ihn von dem ursprünglichen Problem zur einfachen Elektrolyse von Gallerten führten. Die Versuchsanordnung ist folgende. 5-prozentige Gelatine-Gallerten, welche den Elektrolyten gelöst enthalten, werden auf Glasplatten ausgegossen, und nach dem Erstarren zwei Platinspitzen als Elektroden eingesteckt. Der Nachweis der Zersetzungsprodukte geschieht entweder durch ihre Farbe oder durch Zusatz färbender Indikatoren. Die beobachteten Erscheinungen lassen sich meist leicht durch Ueberlagerung von elektrolytischen und Diffusions-Vorgängen erklären und bieten daher theoretisch nichts neues. Dagegen ist manches richtig zu stellen. Die Annahme, dass die Diffusion der Zersetzungsprodukte von der Elektrolyse völlig unabhängig sei, ist unzutreffend; vielmehr stehen die sich hier abspielenden Diffussionsvorgänge in sehr enger Beziehung zu der gleichzeitigen Elektrolyse, da die auftretenden Zersetzungsprodukte wiederum Elektrolyte sind und daher sogleich wieder an der Elektrolyse teilnehmen. So erklärt sich gerade die gegenseitige Beeinflussung der von den beiden Elektroden ausgehenden Diffusionskreise durch das Überwiegen der elektrolytischen Ausbreitungserscheinungen im Gebiete der dichteren Stromlinien. Dagegen ist die wechselseitige Beeinflussung zweier neben einander nascierenden Chlorsilbermassen auf die den Chlorsilberkreisen voranwandernden grösseren Kreise veränderter Konstruktion zurückzuführen. Schwieriger zu erklären, und daher bedeutend interessanter, sind die verschiedenen Wanderungserscheinungen des Wassers, bei welchen sich sicherlich verschiedene Einflüsse in komplicierter Weise überlagern. Erstens kommt die auch vom Verfasser herangezogene sogenannte elektrische Endosmose in Betracht, zweitens kann Wasserüberführung durch hydratisierte Ionen stattfinden, drittens könnte es sich um rein osmotische Erscheinungen handeln, indem etwa ein Zuströmen des Wassers zum Koncentrationsausgleich schneller stattfindet als ein Fortwandern der koncentrierten Elektrolyten. Jedenfalls sind die in diesem Kapitel beschriebenen Erscheinungen weitaus die interessantesten. Sinnentstellend wirkt bisweilen die Bezeichnungsweise des Verfassers, so der Gebrauch des Wortes „Stromschluss". Der letzte Teil des Heftes behandelt erfolglose Versuche zur Nachahmung von Zellen, die gegenüber dem vorhergehenden physikalisch-chemisch nichts neues mehr bieten. Über den rein physiologischen Teil der Versuche kann sich Ref. keinerlei Urteil erlauben.

E. Bose.

Personalien.

Der bisherige Privatdocent an der Universität Berlin, Dr. Oskar Piloty, wurde zum a. o. Professor für analytische Chemie an der Universität München ernannt.

Dr. Windisch, Privatdocent für Chemie an der Berliner Universität und technischer Hilfsarbeiter beim kaiserlichen Gesundheitsamt ist als Vorsteher an das chemische Laboratorium der königlichen Lehranstalt für Weinbau in Geisenheim berufen worden.

Der o. Professor der Physik an der Universität Giessen, Dr. Wilhelm Wien, hat einen Ruf als Nachfolger Röntgens an die Universität in Würzburg erhalten.

Die Berliner Universität hat dem Chemiker Ignaz Stroof zu Griesheim a. M. in Anerkennung seiner Verdienste um die chemische Wissenschaft und Industrie den Titel eines Ehrendoktors der Philosophie verliehen.

An der Universität Bonn hat sich der Assistent am chemischen Institut Dr. phil. Hans Reitter aus Wien für Chemie habilitiert.

Tagesereignisse.

Der König von Sachsen hat der technischen Hochschule in Dresden das Recht der Promotion zum Doktor-Ingenieur in Übereinstimmung mit den preussischen Bestimmungen verliehen.

In Jena hat Dr. Otto Schott, Mitinhaber des Glaswerks Schott und Genossen, die Summe von 50000 Mk. gestiftet zur Beschaffung der instrumentellen Einrichtung für das Institut für technische Physik und technische Chemie, das die Karl Zeiss-Stiftung aus ihren Mitteln an der Universität Jena errichten will. Plan und Zweck des geplanten Instituts stehen unter den Gesichtspunkten, unter denen auf die Anregung von Professor Klein hin in Göttingen ähnliche Einrichtungen geschaffen worden sind. (Vgl. diese Zeitschrift I, Heft 12, S. 143.)

In Amsterdam ist ein van der Waals-Fonds begründet worden, dessen Aufgabe ist, die Anwendung experimenteller Methoden auf diejenigen Untersuchungen zu fördern, deren theoretische Grundlagen J. D. van der Waals gelegt hat. Im Namen der Verwaltung dieses Fonds richtet der Präsident Professor Dr. W. H. Julius und der Sekretär Dr. H. W. C. E. Hückmann, Amsterdam, Willemsparkweg 178, an die Gelehrten die Bitte, zur Begründung einer vollständigen Sammlung der einschlägigen Litteratur Separatabzüge ihrer bezüglichen Arbeiten an obige Adresse einsenden zu wollen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. 10. Februar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Versuche über die Absorption von Radiumstrahlen.

Von Stefan Meyer und Egon R. v. Schweidler.

Mit Rücksicht auf die gelegentlich der Ablenkungsversuche im Magnetfelde an Radiumstrahlen erhaltenen Resultate,[1]) die auf eine Verschiedenheit der von verschiedenen Präparaten ausgesendeten Strahlen hinwiesen, haben wir zunächst durch Bestimmungen der Absorptionsverhältnisse Anhaltspunkte für die Art der Zusammensetzung der Strahlung zu gewinnen gesucht.[2]) Als Mass der Intensität diente dabei der von den Strahlen hervorgerufene Elektricitätsverlust einer isolierten mit dem Elektroskop verbundenen Kugel.

Der Apparat bestand bei der Untersuchung der Präparate des Herrn Giesel aus einem Messingcylinder von 19 cm Höhe und 10 cm Durchmesser, der auf einer Messingplatte aufstand und zur Erde abgeleitet war. Durch eine Paraffinplatte, welche den Cylinder bedeckte, führte ein Metallstab, an dessen Ende ungefähr in der Mitte des Cylinder-Hohlraumes eine Messingkugel von 28 mm Durchmesser angebracht war. Letztere ist mit dem Elektroskop leitend verbunden. Das Präparat erfüllte ein ungefähr 4 mm weites und $1\frac{1}{2}$ cm langes unten zugeschmolzenes Glasröhrchen, das bis zum Rande in eine Bohrung eines cylindrischen Bleiklotzes (Höhe 2 cm, Durchmesser 4·5 cm) eingesenkt war. Die absorbierende Platte wurde anschliessend darauf gelegt und darüber zur Abblendung eventuell seitlich austretender Strahlen ein Messingring mit einer Öffnung von 1·4 cm Durchmesser gelegt. Gemessen wurde die Zeit, in der das eine Elektroskopblättchen vom Teilstrich 15 auf 10, entsprechend den Potentialen von 305 und 230 Volt, absank.

Bei Verwendung eines uns jüngst von Herrn Curie überlassenen Radiumbaryumcarbonat-Präparates zeigte es sich, dass die Luft nach Entfernung der radioaktiven Substanz noch einige Zeit eine merkliche Leitfähigkeit beibehielt, was eine Fehlerquelle für die Vergleichung der Entladungsdauer bei verschiedenen absorbierenden Medien bewirken konnte. Bei Herrn Giesels Präparaten war dies nicht merklich der Fall gewesen. Wir haben daher durch die Paraffinplatte zwei Glasröhren eingeführt, durch welche mittelst eines in einiger Entfernung befindlichen Blasebalges vor jeder Messung frische Luft zugeführt wurde.

Bezeichnet T die Entladungsdauer für das gewählte Intervall bei Abwesenheit der radioaktiven Substanz, t die direkt beobachtete Zeit bei Wirkung der Strahlung, so ist der korrigierte Wert $t' = \frac{tT}{T-t}$. T betrug bei unseren Messungen ungefähr 30 Minuten.

Versteht man unter t_0 denjenigen Wert, den man durch die direkte Strahlung der Substanz ohne jedes absorbierende Mittel erhält, so giebt die Formel $J = \frac{1000\, t_0}{t'}$ die Intensität der nicht absorbierten Strahlung in Promille der Gesamtstrahlung an.

Ausser den bereits erwähnten waren bei diesen Versuchen noch zwei Fehlerquellen ins Auge zu fassen. Die erste ist die von P. und S. Curie[1]) entdeckte „inducierte" Strahlungsfähigkeit der umgebenden Körper. Dass dieselbe hier nicht in Betracht kommt, ist einer-

1) Diese Zeitschrift I, No. 9, S. 91. 1899.
2) Ein Teil der Ergebnisse ist bereits im Akadem. Anzeiger Wien No. 26. vom 7. Dez. veröffentlicht.

1) C. R. 129, S. 714. 1899.

Absorbierende Substanz	Dicke in 10^{-3} mm	Intensität (J) der Strahlung für Radium-Baryum- Chlorid (Giesel)	Bromid (Giesel)	Carbonat (Curie)
Aluminium	160	91	79	278
	200	75	—	—
	2×160=320	—	—	220
	2×200=400	57	—	—
	3×200=600	47	—	—
	4×160=640	—	—	180
	6×160=960	—	—	156
Cadmium	230	—	—	167
	250	44	39	—
	2×230=460	—	—	152
Eisen	130	61	52	200
	2×130=260	—	—	166
Blei	260	36	34	125
Palladium	20	82	76	256
	2×20=40	67	—	204
	3×20=60	—	—	182
	330	—	—	125
Platin	2·5	488	526	488
	2×2·5=5	244	247	364
	3×2·5=7·5	123	—	282
	17	—	—	213
	2×17=34	—	—	189
	60	—	—	176
	2×60=120	—	—	149
Zinn (Stanniol)	11	266	281	444
	2×11=22	104	103	313
	3×11=33	88	86	282
	4×11=44	75	75	256
	5×11=55	71	71	250
	6×11=66	67	67	233
	7×11=77	64	64	—
	8×11=88	59	60	222
	15×11=165	—	—	179
Zink	160	68	53	179
	220	59	—	164
	2×160=320	53	—	145
	2×220=440	47	—	131
	460	48	—	128
	3×160=480	42	—	131
	750	35	—	123
	2×460=920	—	—	120
Kupfer	90	68	60	210
	2×90=180	—	—	158
	4×90=360	—	—	137
	8×90=720	—	—	112
Papier	60	122	121	378
	2×60=120	107	—	333
	3×60=180	100	—	308
	4×60=240	—	—	294
	6×60=360	—	—	278
	8×60=480	—	—	256
	12×60=720	—	—	230
	16×60=960	—	—	211
	22×60=1320	—	—	198
Glas	160	99	80	263
	2×160=320	83	—	215
	3×160=480	66·5	—	180
	4×160=640	58·7	—	175
	5×160=800	55·5	—	171
	6×160=960	52·9	—	—
	7×160=1120	49·2	—	—
	10×160=1600	—	—	160
Ebonit	480	—	67	213
	2×480=960	—	—	166

seits zu schliessen aus den quantitativen Angaben dieser Forscher, wonach sie bloss einige Promille der erregenden Strahlung beträgt, anderseits daraus, dass bei einer Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Versuche keine merkliche Verringerung der Entladungsdauer auftrat. Die zweite Fehlerquelle wäre darin zu suchen,

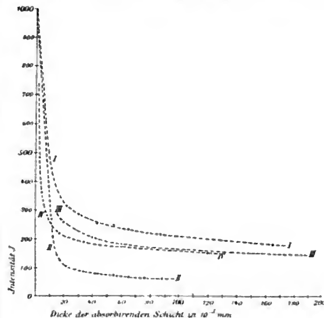


Fig. 1.

dass an der Oberfläche der absorbierenden Medien diffuse Reflexion stattfinden könnte. Einige Versuche (vgl. Zink) zeigten aber, dass die Absorption bei gleicher Dicke mindestens

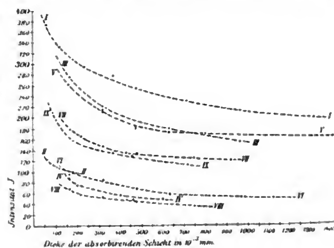


Fig. 2.

in erster Annäherung unabhängig davon ist, ob man eine dickere Platte wählt, oder mehrere dünne aufeinanderlegt.

Einige charakteristische Beispiele für den Gang der Absorption sind in den nebenstehenden Tabellen aufgezeichnet und in Figur 1 und 2 graphisch dargestellt. Dabei bedeutet in Figur 1 die Ziffer I die Zinnkurve für Curies Präparat, II für Giesels Präparat, III Palladium-

kurve, IV Platinkurve, beide für Curies Substanz. In Figur 2 stellen I und II die Kurven für Papier, III und IV für Aluminium, V und VI für Glas, VII und VIII für Zink, immer für Curies bez. Giesels Präparat und IX die Kupferkurve für das Carbonat Curies dar. Man erkennt, dass durchwegs die ersten Schichten eine viel grössere Absorption hervorrufen, als die folgenden. Eine einzige Ausnahme zeigt die ganz dünne Platinfolie gegenüber der Strahlung des Radium-Baryum-Chlorides des Herrn Giesel.

Es ergiebt sich daraus, dass ähnlich wie dies für Röntgen-Uran- und Thorstrahlen bereits nachgewiesen ist, auch hier die Gesamtstrahlung sich aus einer Reihe verschieden absorbierbarer Strahlen zusammensetzt.

Eine Anordnung der Substanzen nach ihrer Durchdringbarkeit lässt sich nach unseren Ergebnissen nicht eindeutig herstellen, da je nach der Schichtdicke die Reihenfolge derselben eine teilweise andere wird. So ergiebt sich die Folge für die Dicke von

$50 \cdot 10^{-3}$ mm

für das Präparat von	Curie	Giesel
	Papier	Glas
	Aluminium	Papier
	Zinn	Kupfer
	Kupfer	Zinn
	Palladium	Palladium
	Platin	

$200 \cdot 10^{-3}$ mm

für das Präparat von	Curie	Giesel
	Papier	Glas, Papier
	Aluminium	Aluminium
	Glas	Zink
	Cadmium	Cadmium
	Zink, Eisen	Zinn
	Zinn	Blei
	Palladium, Blei	
	Platin	
	Kupfer	

$300 \cdot 10^{-3}$ mm

für das Präparat von	Curie	Giesel
	Papier	Glas
	Aluminium	Aluminium
	Glas	Zink
	Cadmium	Cadmium
	Eisen, Zink	Blei.
	Palladium, Blei	
	Kupfer	

Ein Vergleich der verschiedenen strahlenden Substanzen zeigt, dass die Durchdringungsfähigkeit von Radium-Baryum-Chlorid und -Bromid (beides Präparate des Herrn Giesel) nahezu dieselbe ist, hingegen Curies Carbonat wesentlich schwerer absorbierbare Strahlen aussendet. Ein Radium-Baryum-Carbonat Herrn Giesels konnte wegen zu geringer Intensität seiner Wirkung zum Vergleiche nicht herangezogen werden.

Es bestätigt sich sonach unsere schon früher geäusserte Vermutung,[1]) dass verschiedene „Radium"-haltige Verbindungen verschiedenartige Strahlen aussenden, ob aber diese Unterschiede auf den Gegensatz der Carbonat- und Halogenverbindung oder auf die verschiedene Darstellungsweise der Substanzen, durch Herrn und Frau Curie einerseits und anderseits Herrn Giesel, zurückzuführen sei, konnten wir bisher nicht entscheiden.

Das von uns hier angewendete Mass der Intensität ist nicht von vornherein auch für andere Wirkungen (Fluorescenz, photographische Wirkung) anwendbar. Aus dem Verhalten des uns zur Verfügung stehenden Curieschen Poloniumpräparates einerseits, das ohne Fluorescenz zu erregen starke entladende Wirkungen zeigt, und anderseits demjenigen de Haenscher Präparate, die bei relativ starker Fluorescenzwirkung nur geringe Entladungsfähigkeit besitzen, ist im Gegenteile zu schliessen, dass beide Wirkungen nicht vollkommen parallel gehen. Bei dickeren Schichten ergab aber eine ungefähre subjektive Schätzung, dass die Schwächung der Fluorescenzwirkung die gleiche war bei verschiedenen absorbierenden Medien, welche die Entladungsdauer in gleicher Weise beeinflussten.

1) l. c.

Wien, Physikal. Inst. d. Univ. Januar 1900.

(Eingegangen am 25. Januar 1900.)

Über den Einfluss der Selbstinduktion auf die Unterbrechungszahl beim Simonschen Loch-Unterbrecher.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

In No. 14 dieser Zeitschrift wurde an der Hand einiger stroboskopischer Messungen[1]) die Unterbrechungszahl beim Wehnelt-Unterbrecher mit dem Simonschen Wirkungsgesetz[2]) verglichen und dessen strenge Giltigkeit nachgewiesen. Zum Schluss wurde erwähnt, dass sich eine analoge Vergleichung beim Simonschen Loch-Unterbrecher[3]) nicht anstellen liess, da die ausserordentlich schwache Lichtwirkung dieses Unterbrechers sowohl die stroboskopische als auch eine photographische Zählung der Unterbrechungen vereitelte.

Inzwischen ist es mir durch Anwendung einer höheren Betriebsspannung und einer besseren Zählmethode gelungen, die entgegenstehenden Schwierigkeiten zu überwinden.

1) Vgl. E. T. Z. 1899, Heft 26, S. 456 und Heft 45, S. 786.

2) Vgl. Nachr. der Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen Heft 2, 1899 und Wied. Ann. 68, S. 273, 1899.

3) E. T. Z. 1899, Heft 25 und Wied. Ann. 68, S. 861, 1899.

Die in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Beobachtungsresultate zeigen die recht gute Übereinstimmung der beobachteten Unterbrechungszahlen mit den nach der Simonschen Formel

$$T = AL + B\ ^{1})$$

berechneten Werten auch für den Loch-Unterbrecher.

Selbstinduktion $L \cdot 10^{-7}$ in C. G. S. Einh.	Mittlere Unterbrechungszahlen pro Sekunde
1	295
2	262,5
3	238,9
4	220
5	200

Unterbrechungszeiten $T \cdot 10^5$ beobachtet	berechnet	Δ %
338	333	− 1,5
381	375	− 1,6
418	417	− 0,2
455	459	+ 0,9
500	501	+ 0,2

Zu diesen Versuchen wurde ein Unterbrecher einfachster Form benutzt, dessen Loch 2,543 qmm Querschnitt hatte. Die Betriebsspannung betrug 250 Volt, die Temperatur der 10 Proc. H_2SO_4 war konstant 20° C. Die benutzte Rolle mit variabler Selbstinduktion hatte einen Widerstand von ca. 5 Ohm.

Die Konstanten des Simonschen Wirkungsgesetzes $T = AL + B$ wurden zu

$$A = 0{,}00042 \cdot 10^{-7},\ B = 0{,}00291$$

aus den für T beobachteten Werten bestimmt. Nun ist aber: $A = \frac{3}{2w}$ [2], wenn w den Widerstand im Unterbrecher bezeichnet. Hieraus ergiebt sich $w = 35{,}7$ Ohm, was mit dem auf andere Weise bestimmten Widerstande des arbeitenden Unterbrechers $w = 30$ Ohm annähernd übereinstimmt.

Bekanntlich arbeitet der Simonsche Loch-Unterbrecher auch ohne eingeschaltete induktive Spule. Vernachlässigt man die Selbstinduktion der Leitungsdrähte, so giebt die Simonsche Formel für unseren speciellen Fall, wenn an Stelle der Selbstinduktionsrolle ein äquivalenter (ca. 5 Ohm) induktionsloser Vorschaltwiderstand eingeschaltet wird:

Für $L = O$, $T = B$ oder: $T = 0{,}00291$, woraus sich ergiebt: $N = 344$ Unterbrechungen pro Sekunde als für die vorliegenden Verhältnisse grösstmögliche Unterbrechungszahl. Leider war es mir nach der unten beschriebenen Methode unmöglich, die diesbezügliche Unterbrechungszahl festzustellen, doch ergab eine Bestimmung aus der allerdings sehr unreinen Tonhöhe, eine ähnliche Zahl.

Die Zählung der Unterbrechungen erfolgte mit Hilfe einer mit 3 m Sek. Geschwindigkeit bewegten lichtempfindlichen Platte (resp. Film). Diese Methode, den Öffnungsfunken im Unterbrecher als intermittierende Lichtquelle auf einer bewegten photographischen Platte zu photographieren, und die Photographie zur Zählung der Unterbrechungen zu benutzen, ist wegen ihrer Einfachheit und Genauigkeit der subjektiven stroboskopischen Zählmethode entschieden vorzuziehen. Es sei noch bemerkt, dass bei einer Spannung von ca. 100 Volt der Unterbrechungsfunke desselben Unterbrechers so lichtschwach war, dass er bei allen 5 Aufnahmen ($L = 1 \ldots 5 \times 10^{+7}$) nicht die geringste Belichtung auf einer empfindlichen Trockenplatte ganz derselben Art erkennen liess. Die oben beschriebene Methode ist auch geeignet, die Regelmässigkeit der Unterbrechungen beim Simon- und Wehnelt-Unterbrecher zu vergleichen. Die Ergebnisse dieser vergleichenden Untersuchung sollen einer weiteren Mitteilung vorbehalten bleiben.

Berlin, 20. Januar 1900.

(Eingegangen 27. Jan. 1900.)

1) Vgl. Phys. Zeitschr. I, No. 14, S. 166, 1900.
2) Vgl. Phys. Zeitschr. loc. cit.

Über die Bedeutung hoher Dissociationswärmen.

Von R. Abegg.

Von Guinchard [1]) ist kürzlich konstatiert worden, dass die Violursäure zu ihrem Zerfall in Ionen sich einer intramolekularen Umlagerungsreaktion unterzieht, die offenbar dazu dient, die Molekel zur elektrolytischen Dissociation zu disponieren. Gleichzeitig fand sich, dass die Leitfähigkeit dieser Säure und somit auch ihre Dissociationskonstante K, einen auffallend grossen Temperaturkoefficienten besitzt. Aus diesem lässt sich nach der bekannten thermodynamischen Beziehung van't Hoffs

$$\frac{dK}{K\,dT} = \frac{-q}{RT^2}$$

die Dissociationswärme q der Molekel berechnen (T = absolute Temperatur, R = Gaskonstante in kalorischem Mass = 2). Die Ausführung der Berechnung ergiebt, dass ein Mol Violursäure beim Zerfall in Ionen 3700 cal absorbiert, ein Wert, der im Vergleich zu den meisten

1) Guinchard, Ber. d. D. chem. Ges. 32, 1723, 1899. Arrhenius, Ostw. Zeitschr. 4, 96, 1889; 9, 339, 1892.

anderen Dissociationswärmen[1]) auffällig hoch ist. Aus der Betrachtung der letzteren kann man den Schluss ziehen, dass gerade diejenigen Säuren eine grosse Dissociationswärme besitzen, bei deren Dissociation eine chemische Konstitutionsänderung der Molekel ihrem Ionenzerfall notorisch oder wahrscheinlich vorausgeht; so ist dies mit grosser Sicherheit bei der Flusssäure anzunehmen, die schon als Gas Doppelmolekeln $H_2 F_2$ bilden, welche vor der Dissociation in H^+ und F^- erst zu HF depolymerisiert werden müssen.

Die höchste bekannte Dissociationswärme besitzt das Wasser, nämlich ca. — 13000 cal; im Einklang damit steht, dass nach allen physikalisch-chemischen Methoden das Wasser sich auch als die wohl am stärksten polymerisierte Substanz ergeben hat. Seiner Dissociation in H^+- und OH^--Ionen muss also erst eine tiefgreifende intramolekulare Reaktion, nämlich die Depolymerisation der stark associierten Molekeln vorangehen, daher auch der sehr geringe und mit der Temperatur stark ansteigende Dissociationsgrad[1]), eine Analogie in vergrössertem Massstabe mit der oben erwähnten Violursäure.

Man darf also aus diesen Betrachtungen den Schluss ziehen, dass der Zerfall einer in dissociationsfähiger Form befindlichen Molekel in ihre Ionen keine erhebliche Wärmetönung verursacht, und dass eine grosse Dissociationswärme von intramolekularen chemischen Reaktionen (z. B. Isomerisation, Depolymerisation, Hydratation) herrührt, die durch den Ionisationsvorgang bedingt werden.[1])

1) Kohlrausch u. Heydweiller, Wied. Ann. 53, 209, 1894 od. Ostw. Zeitschr. 14, 317, 1894.

1) Eine ausführlichere Darlegung erscheint in Ber. d. D. chem. Ges.

Breslau, 28. Januar 1900.

(Eingegangen 29. Jan. 1900.)

Zur Geschichte unserer Kenntnis der inneren Reibung und Wärmeleitung in verdünnten Gasen.

Von Ludwig Boltzmann in Wien.

Behufs möglichster Publicität sei es mir gestattet, hier zu konstatieren, dass die bekannten Versuche über Reibung und Wärmeleitung verdünnter Gase von Kundt und Warburg gemeinsam ausgeführt wurden und dass die Arbeiten Smoluchowskis über den letzteren Gegenstand auf Anregung Warburgs und in ihrem ersten Teile in dessen Laboratorium gemacht wurden. Dass ich dies in meiner Gedächtnisrede auf Loschmidt[1]) aus Versehen nicht erwähnte, erklärt sich nur daraus, dass ich dort von allem, was mit Loschmidts Arbeiten nur in entfernterem Zusammenhange steht, lediglich ganz vereinzelte Punkte in gedrängtester Kürze hervorzuheben beabsichtigte.

1) Vgl. diese Zeitschrift I, Heft 14, S. 169, Heft 15, S. 180.

Wien, den 26. Januar 1900.

(Eingegangen 30. Jan. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Grundlagen und Aussichten der Stereochemie.[1])

Von Edgar Wedekind.

„Die Stereochemie ist eine positive Wissenschaft und verdient durch ihre zahlreichen experimentellen Verifikationen, wie durch die Entdeckungen, die sie veranlasst hat, die Stelle, die sie sich auf den Hochschulen errungen hat."

Diese Äusserung Le Bel's, die gelegentlich eines Vortrages vor der chemischen Gesellschaft zu Paris fiel, wirft ein charakteristisches Licht auf die schnelle, aber kräftige Entwickelung dieses jüngsten Zweiges der chemischen Wissenschaft. Ein kurzer Überblick über die Erfolge der stereochemischen Betrachtungsweise lehrt, dass die Chemie des Raumes heutzutage kein entlegenes Specialfach mehr ist, sondern eine Lehre, welche die engeren und weiteren Disciplinen der chemischen Wissenschaft mit frischer Erkenntnis durchdringt.

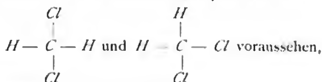
Die Begründung einer „Chemie im Sinne der räumlichen Betrachtungsweise" beweist von neuem den Erfahrungssatz, dass es in der Geschichte der Wissenschaft gewisse Perioden giebt, die stets wiederkehren: hat die Summe der faktischen Beobachtungen eine gewisse Grenze erreicht, wo der bisherige Schatz an theoretischen Betrachtungen nicht mehr ausreicht, um die letzten Erscheinungen zwanglos in das alte System unterzubringen, so sieht man sich genötigt, zur Erklärung derselben neue Gesichtspunkte heranzuziehen.

Dies war auch der Anlass zur Schöpfung der Strukturchemie und des fruchtbaren Begriffes der Isomerie und der Polymerie gewesen, den Berzelius ins Leben rief, als er erkannte, dass zwei Körper von total verschiedenen Eigen

1) Habilitationsvortrag, Tübingen 1899.

schaften, wie die Cyansäure (Wöhler 1823) und die Knallsäure (Liebig 1824) dieselbe analytische Zusammensetzung besitzen: nicht mehr Natur und Zahl der Elemente allein, sondern die verschiedene Art der Zusammenkettung der Atome im Molekül sollte von nun ab für die Eigenschaften eines Körpers massgebend sein.

Die neue Theorie wurde bald durch zahlreiche und wichtige Experimental-Entdeckungen bestätigt und vielseitig erweitert; dennoch machte sich aber schon frühzeitig die Erkenntnis geltend, dass die Darstellung auf der Ebene des Papiers unmöglich der wirklichen Anordnung der Atome entsprechen könnte: man müsste dann z. B. zwei isomere Methylenchloride



während nur eins existiert.

Forscher wie Pasteur (1860), Butlerow und vor allem Kékulé (1867) und J. Wislicenus (1869) wiesen später die chemische Welt auf die Notwendigkeit einer räumlichen Betrachtungsweise hin.

Pasteurs denkwürdige Untersuchungen über die Weinsäuren hatten das erste bemerkenswerte experimentelle Material zu Tage gefördert, aus welchem sich alsbald die wichtigen Spekulationen über Symmetrie und Asymmetrie der Moleküle entwickelten. Diese fussten auf der Erkenntnis, dass man bei der Erforschung des wahren Wesens des Atombaues, sowie bei der Lösung des Problems, ob die vier mit Kohlenstoff verbundenen Radikale in den gesättigten Körpern unveränderliche Plätze einnehmen oder nicht, der Hilfe der Nachbarwissenschaften Physik und Krystallographie nicht entraten kann.

Pasteur schloss nun seine Versuche an die Eigenschaften des polarisierten Lichtes an, dessen Ebene beim Durchgang durch links-hemiëdrische Quarzkrystalle nach links gedreht wird und umgekehrt; er erweiterte diese Erkenntnis durch die grundlegende Entdeckung, dass, wenn eine chemische Substanz in Lösung aktiv ist, ihre Krystalle, wie der Quarz hemiëdrische Flächen aufweisen, welche sich gegenseitig nicht zur Deckung bringen lassen, und deren Sinn der Rotationsrichtung der aktiven Lösung entspricht.

Zur Deutung dieser Phänomene teilte der französische Forscher[1]) die Körper in zwei Klassen mit folgenden Merkmalen ein:

„Die einen geben ein Spiegelbild, das sich mit dem Urbild decken kann, das Spiegelbild der anderen vermag dies auf keine Weise, obgleich es getreulich all seine Einzelheiten wiedergiebt: eine gerade Treppe, ein Zweig mit zweizeiligen Blättern, ein Kubus, der menschliche Körper sind Beispiele für die erste Klasse von Körpern. Eine gewundene Treppe, ein Zweig mit spiralförmigem Blätterstand, eine Schraube, eine Hand, ein unregelmässiges Tetraëder sind Formen der zweiten Gruppe. Diese letzteren haben keine Symmetrieebene.

Da nun das Individuum jedes zusammengesetzten Körpers seine chemische Molekel, diese aber eine Gruppe von Atomen ist, welche nicht beliebig durcheinander laufen, sondern in einer sehr bestimmten Anordnung zu einander stehen, so wäre es doch sicher sehr merkwürdig gewesen, wenn die Natur, die sich in ihren Effekten so mannigfaltig zeigt, und deren Gesetze die Existenz so vieler Arten von Körpern gestattet, uns nicht in den Atomgruppen der zusammengesetzten Molekeln die eine und die andere jener zwei Kategorien dargestellt hätte, in die sich die materiellen Dinge überhaupt teilen lassen. Es wäre mit anderen Worten erstaunlich gewesen, wenn es unter allen chemischen Substanzen, den natürlichen und künstlichen, nicht auch Individuen geben sollte mit sich deckendem und solche mit sich nicht deckendem Spiegelbilde.

Chemisch ausgedrückt lassen sich also alle Körper einteilen in solche mit asymmetrischen und solche mit symmetrischen Atomgruppen.

Da nun keine Unsymmetrie möglich ist ohne die Existenz einer gewissen inneren Stabilität in der Molekel, war das Grundprincip der Stereochemie gegeben durch die Vergleichung der zwei Treppen, ein Vergleich, der denn auch herangezogen wird, um die Isomerieverhältnisse der Traubensäure und der Rechts- und Linksweinsäure zu erklären."

Seit Pasteurs Untersuchung der Weinsäuren war kein neues experimentelles Material beigebracht worden, welches die Notwendigkeit einer Berücksichtigung der räumlichen Lagerungsverhältnisse weiter gestützt hätte; erst durch Wislicenus' Studien über die Milchsäuren, von der nunmehr drei Modifikationen nachgewiesen waren, gelangte man zu der Erkenntnis, dass zur Erklärung derselben die Theoreme der Strukturchemie nicht mehr ausreichten.

Noch fehlte es aber an greifbaren Vorstellungen, trotzdem schon früher die Ansichten mancher Forscher in die richtigen Bahnen einlenkten; erwähnt seien z. B. folgende Äusserungen Butlerows:

„Es ist leicht möglich, dass einige Isomere in Wirklichkeit nicht bestehen, dass die ihnen entsprechende Verteilung der Atome kein dauerhaftes Gleichgewicht bildet, dass daher unter

1) Über die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen. Aus dem Französischen von M. und A. Ladenburg; wiedergegeben nach Bischoff, Handbuch der Stereochemie, S. 7.

Umständen, die zu ihrer Bildung erforderlich sind, durch Umsetzung der Atome andere ihnen verwandte Körper entstehen . . .

Das chemische Verhalten eines jeden in einer zusammengesetzten Molekel enthaltenen Atoms irgend eines Elementes wird bedingt einerseits durch seine Natur und die chemische Lagerung in der Molekel, andererseits durch die Natur, Quantität und chemische Lagerung der übrigen, in derselben Molekel enthaltenen Moleküle."

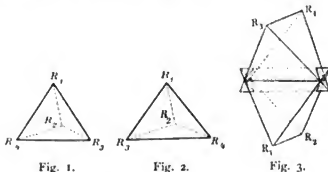


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Ferner sprach der russische Forscher die Hoffnung aus, dass die Gesetze, welche die Bildung und das Bestehen chemischer Verbindungen regieren, einmal ihren mathematischen Ausdruck finden werden.

Schliesslich hatte Kékule in seiner Arbeit über die Konstitution des Mesitylens die Bildung dieses Kohlenwasserstoffs aus Aceton durch graphische Formeln darzustellen versucht, von denen er sagt, dass sie auch als Modell ausführbar und nach einem solchen gezeichnet seien.

Erst die gleichzeitig im Jahre 1874 ausgesprochenen Ansichten van't Hoffs und Le Bel's brachten eine Theorie, die im Laufe der Zeit durch eine Fülle von Thatsachen auf das glänzendste bestätigt ist und durch ihre Fruchtbarkeit ganz neue Arbeitsgebiete erschlossen hat. Der zuerst genannte Forscher dachte sich die vier Affinitäten des Kohlenstoffatoms nach den vier Ecken eines Tetraëders gerichtet, von welchem das Kohlenstoffatom selbst den Mittelpunkt einnimmt. Unter Zugrundelegung dieser Anschauung kann eine Isomerie erst eintreten, wenn sämtliche Valenzen eines Kohlenstoffatomes durch unter sich verschiedene Radikale besetzt sind, d. h. aus einem Körper von dem Schema $C\ R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4$ kann man zwei verschiedene Tetraëder konstruiren, von denen das eine das Spiegelbild des anderen ist und die mit einander nicht zur Deckung gebracht werden können, d. h., man hat zwei Isomere im Raume: ein derartiges Kohlenstoffatom wurde mit der Bezeichnung „asymmetrisches Atom" belegt.

(Fortsetzung folgt.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

V. Bjerknes (Stockholm), Das dynamische Princip der Cirkulationsbewegungen in der Atmosphäre.

Man betrachte in einem beliebigen bewegten materiellen Kontinuum eine zusammenhängende Reihe von materiellen Punkten, die eine geschlossene Kurve bilden. Jeder Punkt hat eine bestimmte Geschwindigkeit. Wir richten unsere Aufmerksamkeit auf die längs der Tangente der Kurve fallende Komponente dieser Geschwindigkeit, und bilden, für die ganze geschlossene Kurve, die Summe der zur Kurve tangentiellen Komponenten der Geschwindigkeit. Der Wert dieses Integrales heisst nach Lord Kelvin die Cirkulation der Kurve.

Dieser Begriff der Cirkulation ist aus zwei Gründen nützlich und wichtig: Einerseits kann man in bewegten Medien, wie etwa in der Atmosphäre oder im Weltmeere, den Wert der Cirkulation für eine beliebige geschlossene Kurve finden, wenn man hinlänglich vollständige Beobachtungen über den Wind oder über die Strömungen besitzt. Andererseits kann man, aus den Bewegungsgleichungen des betreffenden materiellen Mittels die Gesetze der Aenderung der Cirkulation mit der Zeit ableiten, und kommt dabei, jedenfalls in den einfacheren Fällen, zu Gesetzen von überraschender Einfachheit.

Wenn das betrachtete materielle Kontinuum eine homogene inkompressible Flüssigkeit ist, oder auch eine Flüssigkeit, wo die Dichtigkeit eine Funktion nur des Druckes ist, so ist die Cirkulation jeder geschlossenen Kurve eine in der Zeit unveränderliche Grösse, vorausgesetzt, dass in der Flüssigkeit nur fremde Kräfte konservativer Natur wirken. Dieses bekannte Resultat von Lord Kelvin, welches mit den bekannten Helmholtzschen Wirbelsätzen äquivalent ist, lässt sich sehr leicht verallgemeinern für den Fall, dass man keine specialisierende Annahme über die Dichtigkeit macht.

Um diesen allgemeineren Satz in einfachster Formulierung geben zu können, denken wir uns in der Flüssigkeit die Flächen gleichen Druckes, oder die isobaren Flächen, und die Flächen

gleichen specifischen Volumens, oder die isosteren Flächen gezeichnet. Die nach einander folgenden isobaren Flächen sollen für Druckdifferenzen Eins, die nach einander folgenden isosteren Flächen für Differenzen Eins des specifischen Volumens gezeichnet sein, dabei jedoch vorausgesetzt, dass wir Einheiten hinlänglich kleiner Grössenordnung gewählt haben, um die Abstände der nach einander folgenden Flächen als infinitesimal betrachten zu können. Die beiden Flächenscharen zerlegen die ganze Flüssigkeit in einem System von infinitesimalen Röhren, die wir als Solenoide bezeichnen können. Diese Solenoide sind entweder in sich selbst zurücklaufende, oder auch gegen die Grenzflächen der Flüssigkeit endigende Röhren, so dass eine beliebige geschlossene Kurve ein ganz bestimmtes Bündel von Solenoiden umschliesst.

Die Solenoide in einem solchen Bündel können wir relativ zu einer auf der umschliessenden Kurve gewählten positiven Umlaufsrichtung in zwei Klassen, die positiven und die negativen, teilen. Dieses geschieht in folgender Weise: Die isobaren Flächen bestimmen eine Vektorgrösse, den Gradienten, welcher längs der Normalen dieser Flächen gerichtet ist, und welcher in der Richtung abnehmenden Druckes positiv gerichtet wird; die isosteren Flächen bestimmen in ähnlicher Weise eine Vektorgrösse, welcher längs den Normalen dieser Flächen gerichtet ist, und welchen wir positiv in der Richtung zunehmenden specifischen Volumens wählen wollen, und als den Beweglichkeitsvektor bezeichnen. Mit Hülfe dieser Vektorgrössen können wir eine bestimmte Umdrehungsrichtung um die Axe jedes Solenoids angeben, nämlich diejenige Richtung, welche auf dem kürzesten Wege von dem Beweglichkeitsvektor zu dem Gradienten führt. Wenn diese Umdrehungsrichtung mit der positiven Umlaufsrichtung auf der Kurve zusammenfällt, können wir das Solenoid positiv, und im entgegengesetzten Fall negativ relativ zu dieser Umlaufsrichtung nennen. Schliesslich können wir, nachdem somit das Vorzeichen der Solenoide festgesetzt ist, die Anzahl A der Solenoide im Solenoidenbündel algebraisch auffassen, nämlich als den Überschuss der Anzahl der positiven über die Anzahl der negativen Solenoide. Die Zahl A ist dann eine Zahl mit Vorzeichen, und zwar also mit dem Vorzeichen +, wenn die Umdrehungsrichtung um die in Frage kommenden Solenoide mit der positiven Cirkulationsrichtung auf der Kurve zusammenfällt, und im entgegengesetzten Fall mit dem Vorzeichen —. Der Satz über die Veränderung der Cirkulation einer beliebigen geschlossenen Kurve mit der Zeit lässt sich dann folgendermassen formulieren: Die auf die Zeiteinheit bezogene Zunahme der Cirkulation einer beliebigen geschlossenen Kurve ist zu jeder Zeit an Grösse und Vorzeichen gleich der Anzahl A der von der Kurve umschlossenen Solenoide.

Dieser Satz bezieht sich also, wie die Helmholtz-Kelvinschen Wirbel- und Cirkulationssätze, auf eine reibungslose Flüssigkeit, wo beliebige fremde Kräfte konservativer Natur wirken, nur dass man keine specialisierenden Voraussetzungen über die Dichtigkeit oder das specifische Volumen der Flüssigkeit macht. Specialisieren wir durch die Annahme, dass die Flüssigkeit homogen und inkompressibel ist, oder auch durch die Annahme, dass die Dichtigkeit nur von dem Drucke abhängt, so wird die Anzahl A der Solenoide innerhalb jeder geschlossenen Kurve gleich Null, und man kommt zu dem Kelvinschen Satze über die Erhaltung der Cirkulationsbewegung zurück.

Der entwickelte Satz enthält das dynamische Princip der Bildung der Cirkulationsbewegungen in der Atmosphäre. Die isobaren und die isosteren Flächen in der Atmosphäre umgeben die Erde ungefähr wie die Niveauflächen der Schwere, doch mit kleineren, auf verschiedenen Ursachen beruhenden Vertiefungen und Erhöhungen. Vor allem ist zu beachten, dass mit einer lokalen Temperaturerhöhung ein vergrössertes specifisches Volumen folgen wird, so dass man in einer heissen Gegend in geringer Höhe dasselbe specifische Volumen hat, das man in kälteren Gegenden erst in grösserer Höhe wiederfindet. Die isosteren Flächen liegen deshalb in warmen Gegenden niedriger und in kalten Gegenden höher als man nach dem Wert des Druckes schliessen würde. In der Übergangszone zwischen den kalten und den warmen Gegenden müssen deshalb die isobaren und die isosteren Flächen einander schneiden, und ein System von Solenoiden bilden, welches die kalte von der warmen Gegend trennt. Den obigen Satz kann man jetzt auf eine beliebige Kurve anwenden, welche beispielsweise an der Oberfläche der Erde von der kalten zu der warmen Gegend führt, in der warmen Gegend in der Höhe steigt, und in der Höhe zurückkehrt, um in der kalten Gegend wieder herunterzusteigen. Man findet dann, dass eine Cirkulationsbewegung entstehen muss, bei der man in der warmen Gegend aufsteigenden, in der kalten heruntersteigenden Luftstrom hat, und so dass der Wind an der Erdoberfläche von der kalten zu dem warmen, und in der Höhe von der warmen zu der kalten Gegend gerichtet ist. Die Anzahl der Solenoide wird immer ein Mass für die cirkulationserzeugende Kraft abgeben. Man gelangt in dieser Weise leicht zu den Cirkulationsbeweg-

ungen, die man an der Oberfläche der Erde als Passate, Monsune, Land- und Seewind, Berg- und Thalwind kennt. Man gelangt auch zu der Erscheinung der Cyklone unter der Voraussetzung, dass die sogenannte „physikalische" Cyklonentheorie richtig ist, und zu einem Kriterium, nach dem man durch meteorologische Beobachtungen entscheiden kann, ob diese Cyklonentheorie die richtige ist oder nicht. — Ähnliche Anwendungen wie auf die Mechanik der Atmosphäre wird der Satz auch auf die Mechanik des Meeres haben.

Für weitere Einzelheiten gestatte ich mir auf eine Abhandlung hinzuweisen, die bald in „Meteorologische Zeitschrift" erscheinen wird.

(Eingegangen 17. Jan. 1900.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Die Frage der Decimalteilung von Zeit und Winkeln.

Prof. Klein-Göttingen teilte zunächst mit, dass die französische Regierung sich mit dem Plan trägt, für das nächste Jahr zur Erledigung dieser Frage einen internationalen Kongress nach Paris zu berufen. Die Deutsche Mathematiker-Vereinigung habe im vorigen Jahre in Düsseldorf zur Beratung der Frage eine Kommission eingesetzt, damit Deutschland bei der zu treffenden Entscheidung gerüstet sei. Der Vorstand habe ferner, um den Gegenstand von allen Seiten zu beleuchten, Prof. Bauschinger-Berlin um Darlegung des Standpunktes der Astronomen und Nautiker ersucht. Des ferneren habe die Abteilung für Unterricht sich mit der Frage beschäftigt, und Oberlehrer Dr. Schülke-Osterode werde die in jenen Kreisen herrschenden Anschauungen zum Ausdruck bringen. Prof. Klein schlägt vor, zunächst diese Referate anzuhören, bevor die Versammlung in die Discussion eintritt — was angenommen wird — und erklärt von seiner Seite aus, unter Zustimmung des Vorsitzenden der deutschen Mathematiker-Vereinigung, Prof. Noether-Erlangen, dass die Mathematiker der Frage der Decimalteilung ziemlich kühl und gleichgiltig gegenüberstehen.

Das erste Referat erstattete **Prof. Mehmke**-Stuttgart:

Ich habe geglaubt, mich auf die ursprüngliche Frage der Winkelteilung beschränken zu sollen; denn für den Mathematiker und Geodäten tritt die Zahl der Fälle, in denen Winkel und Zeit zugleich vorkommen, gegen die Zahl derjenigen, in denen man es nur mit Winkeln allein zu thun hat, sehr erheblich zurück, und die Trigonometrie kann das Recht beanspruchen, die Frage der Winkelteilung von ihrem Standpunkt allein aus zu betrachten.

Während man in der Analysis ganz allgemein die Winkel in Bogenmass ausdrückt, giebt man sie in der Trigonometrie in Graden an. Der Grund ist offenbar der, dass die Periode 2π der Kreisfunktion eine irrationale Zahl ist, und dass man vermeiden will, eine solche zu addieren resp. zu subtrahieren. Es ist das ein ähnlicher Unterschied, wie der zwischen dem natürlichen und dem gemeinen Logarithmus.

Man muss von einer rationellen Winkelteilung verlangen, dass bei ihr die trigonometrischen Rechnungen möglichst einfach werden und folglich eine möglichst grosse Sicherheit gegen Rechenfehler vorhanden ist.

Die Einteilung des Kreises in 360 Grade, die des Grades in 60 Minuten u. s. f., die lange Zeit die einzige war, ist jetzt noch die vorherrschende. Bekanntlich ist sie uralt und wird auf die Babylonier zurückgeführt. Wie sie auch entstanden sein mag, jedenfalls war sie solange durchaus berechtigt, als alle anderen Einheiten, auch die Zeiteinheit, der Tag, der 60-Teilung unterworfen waren, bei allen wissenschaftlichen Rechnungen 60teilige Brüche angewendet und statt des sinus und cosinus die Sehne benutzt wurde. Als aber vor etwa 1000 Jahren der sinus in bewusstem Gegensatz zur Sehne angewendet wurde, wurde dieses Verhältnis gestört, der rechte Winkel rückte in den Vordergrund und hätte folgerichtig sexagesimal geteilt werden müssen. Seit dem Ende des 16. Jahrhunderts kam die decimale Teilung der verschiedensten Einheiten mehr und mehr in Aufnahme, und heutzutage, wo sie, abgesehen von der Zeit, überall durchgeführt ist, hat die altehrwürdige Gradteilung die innere Berechtigung vollständig verloren.

Sowohl der Gedanke, den alten Grad, als auch der, den rechten Winkel decimal zu teilen, tauchte zuerst in Deutschland auf, ersterer im 15. Jahrhundert, letzterer 1783. In Frankreich versuchte man zur Zeit der grossen Revolution, diese Neuerung im Anschluss an das metrische System, leider verquickt mit der Decimalteilung des Tages, durchzuführen. Aber man hatte die entgegenstehenden Schwierigkeiten wohl unterschätzt, so dass bald ein Rückschlag eintrat. Sie hat sich aber in neuerer Zeit bei den Geodäten eingebürgert, und ist hier u. a. in Baden, Hessen, Frankreich, Belgien amtlich eingeführt, in Württemberg und Preussen zugelassen.

Im Jahre 1864 wurde der Vorschlag gemacht, den ganzen Kreisumfang als decimal zu teilende Einheit zu wählen.

Von vornherein ist klar, dass die decimale

Teilung, mag die Einheit gewählt sein, wie sie will, eine grosse Vereinfachung giebt; das Addieren, Subtrahieren, Interpolieren u.s.w. wird bequemer. Neben diesen allgemeinen Vorzügen hat die Decimalteilung des Quadranten noch besondere. Die Kreisfunktionen nehmen innerhalb des ersten Quadranten alle Werte an, so dass die Zurückführung der Funktionen grösserer Winkel sich am einfachsten gestaltet, wenn der rechte Winkel als Einheit gewählt ist. Nicht ganz so einfach gestaltet es sich, wenn 2 R oder 4 R die Einheit bilden.

Vom Standpunkt der Trigonometrie bildet also der rechte Winkel die wahre, decimal zu teilende Einheit, wofür sich übrigens noch andere Gründe anführen lassen, z. B. dass die Tafeln bequem angeordnet werden können, dass das Komplement in derselben Weise zu bilden ist, wie die dekadische Ergänzung beim Logarithmus, wodurch Subtraktion auf Addition zurückgeführt wird, etc.

Als Mangel der neuen Teilung wird angeführt, dass die häufig vorkommenden Winkel von 30^{0} und 60^{0} sich in der unbequemen Form $33,^{0}{}_{3}$.... und $66,^{0}{}_{6}$.... darstellen, und dass ihre Funktionen nicht einmal in den Tafeln stehen. Doch kann dieser Einwand nicht ernsthaft genommen werden; es steht ja nichts im Wege, die Winkel als $^{1}/_{3}$ R und $^{2}/_{3}$ R zu bezeichnen und zu schreiben, wie das längst geschieht. Übrigens kommen diese Winkel auch in der Praxis selten vor. Es fällt doch auch niemandem ein, vom metrischen System abzugehen, weil $^{1}/_{3}$ m sich nur als periodischer Decimalbruch darstellen lässt. Wer das will, soll dafür eintreten, dass überhaupt ein auf der 12 oder 60 basiertes Zahlensystem eingeführt wird.

Dem Mangel, dass die Funktionen dieser Winkel nicht in den Tafeln stehen, ist doch sehr leicht abzuhelfen; jede Tafel besitzt doch am Schluss eine Sammlung von Konstanten.

Zuweilen behauptet man noch, dass die alte Winkelteilung bei der Herstellung von Instrumenten zur Winkelmessung gewisse Vorteile vor der neuen voraus hat; das ist jedoch nach meinen Erkundigungen bei einem der ersten Präcisionsmechaniker ein Irrtum.

Ich komme daher zu dem Schluss, dass die decimale Teilung des Kreisquadranten resp. rechten Winkels die rationellste Winkelteilung ist. Ihrer allgemeinen Einführung steht in der Mathematik und Geodäsie nichts im Wege.

Es folgte ein Gutachten von Prof. **Bauschinger**-Berlin, das wegen Behinderung des Referenten von Prof. **Gutzmer**-Jena verlesen wurde. Darin wurde folgendes ausgeführt:

Von geographischen und nautischen Kreisen Frankreichs ist der Vorschlag ausgegangen, das jetzt allgemein in Gebrauch befindliche Sexagesimalsystem der Winkel- und Zeitteilung durch ein einheitliches decimales System zu ersetzen, mit der Motivierung, dass hauptsächlich durch die Kompliciertheit der Rechnung im gegenwärtigen System eine allgemeinere Anwendung der nautischen Rechnungen in der Marine verhindert werde. Es ist von vornherein zuzugeben, dass die praktische Nautik sich gegenwärtig überall auf einem bedauerlich tiefen Niveau befindet, und dass Bestrebungen, dasselbe zu heben, nur mit Freude begrüsst werden müssten, und es ist ferner auch zuzugeben, dass die nautischen Rechnungen durch das Decimalsystem eine (vom Standpunkt eines **geübten** Rechners allerdings unerhebliche) Erleichterung erfahren; es muss aber eingehend geprüft werden, ob so radikale Änderungen, wie die der Zeit- und Winkelteilung, welche so tief in verschiedene andere Wissenschaften, wo Nachteile des bisherigen Systems nicht hervorgetreten sind, und in die Gepflogenheiten des täglichen Lebens eingreifen, auf Grund der Forderungen eines so kleinen und jungen Interessenkreises, wie die Nautik, zugelassen werden können, ohne andere Forschungsgebiete zu schädigen. Im vorliegenden Gutachten soll das vom Standpunkte der **Astronomie** aus geschehen, welche in dieser Angelegenheit hervorragend beteiligt ist, nicht nur, weil die Nautik von ihr abhängt, sondern hauptsächlich, weil sie ohne Frage den häufigsten Gebrauch von Winkeln und von Zeitgrössen macht.

Es muss noch hervorgehoben werden, dass dank dem ehrwürdigen Alter der jetzigen Teilung dieselbe von **allen** Kulturvölkern der Erde angenommen worden ist, so dass auf diesem Gebiete allgemein menschlicher Einrichtungen eine **Einigkeit** herrscht, wie sie auf anderen Gebieten erst mit Überwindung grosser Schwierigkeiten hergestellt werden musste oder erst herzustellen ist. Einigkeit in solchen Einrichtungen ist aber unendlich viel mehr wert, als die Einführung des besten Systems, neben dem das alte fortbestehen muss. Diese Einigkeit sollte durch keinen Versuch in Frage gestellt werden.

Der französische Vorschlag besteht in folgenden zwei Punkten:

I. Die Einheiten des Winkels und der Zeit sollen unter Aufgebung der Sexagesimalteilung nach dem Decimalsystem in Unterabteilungen zerlegt werden.

II. Als Einheit des Winkels sollen der 100. Teil des Kreisquadranten (der Decimalgrad), als Einheit der Zeit die bisherige Stunde gewählt werden, so dass 400 Decimalgrade mit 24 Stunden Zeit äquivalent sind.

Vom astronomischen Standpunkt aus müssen diese Vorschläge zurückgewiesen werden, wie jetzt eingehend motiviert werden soll.

Ad I (Decimalabteilung).

Die Vorzüge einer decimalen Teilung für alle Rechenoperationen liegen auf der Hand und brauchen hier nicht auseinandergesetzt zu werden; da aber mit Winkel- und Zeitgrössen nur Rechenoperationen allereinfachster Art vorgenommen werden müssen, wenigstens in allen Fällen, wo nichtberufsmässige Rechner (z. B. Seeleute) damit zu thun haben, so macht auch die sexagesimale Teilung keine nennenswerten Schwierigkeiten. Zudem kann ja doch in allen den Fällen, wo die decimale Teilung erhebliche Vorteile bietet, z. B. bei Interpolationen, leicht genug durch eine Division mit 6 von der sexagesimalen Teilung auf die decimale übergegangen werden. Solche kleinen Unvollkommenheiten bei einer oder der anderen Anwendung sind einmal notwendig mit einer Einrichtung verknüpft, die, wie die Winkel- und Zeitteilung, den verschiedenartigsten Zwecken dienen muss. Dagegen besitzt die sexagesimale Teilung noch einen Vorzug vor der decimalen: sie hat eine grössere Anzahl von einfachen Teilern, ein Umstand, der dem geübten Rechner manche Bequemlichkeit verschafft und auch bei der praktischen Ausführung und Prüfung einer Teilung auf Zifferblättern und geteilten Kreisen nicht unerhebliche Vorteile gewährt.

Den Vorzügen der decimalen Teilung für die Rechnung stehen sehr erhebliche Nachteile derselben für die Beobachtung gegenüber, wenigstens soweit es sich um astronomische Beobachtungen handelt. Die Decimalbogensekunde und die Decimalzeitsekunde sind zu klein; es ist erstere gleich $0{,}324''$, letztere $0{,}36^s$. Richtet man die Ablesetrommel so ein, dass man ganze Decimalsekunden abliest und Zehntel schätzt, so wird dies eine Genauigkeit der Ablesung, die wesentlich grösser ist als die der Einstellung; richtet man aber die Ablesung so ein, dass man Zehner von Decimalsekunden abliest und Zehntel hiervon schätzt, so bleibt die Genauigkeit der Ablesung hinter der der Einstellung zurück. Der Mechaniker wird also zu künstlichen Teilungen greifen müssen, welche dem Astronomen wieder die Rechenarbeit erschweren. — Die Decimalzeitsekunde ist sowohl für den Beobachter zu klein, indem er Aug- und Ohrbeobachtungen in derselben nicht anstellen könnte, als auch wird der Uhrmacher keine Decimalsekundenuhr herstellen können, da das Pendel zu kurz würde; man würde zu Doppel- oder dreifachen Sekunden greifen müssen, für den Astronomen eine Quelle unaufhörlicher lästiger Arbeit.

Ad II (Einheiten).

Die bisherige Stunde ist als Einheit der Zeit beibehalten worden, weil keine andere Teilung des Tages besondere Vorzüge aufwies, und weil man es für unmöglich hielt, sie aus dem bürgerlichen Leben zu entfernen. Die Ersetzung des Grades durch den Decimalgrad, wobei das grosse Publikum wenig oder gar nicht betroffen wird, glaubt man dagegen den verschiedenen Wissenschaften, insbesondere der Astronomie, zumuten zu dürfen. Ich behaupte, der Gewinn würde ein minimaler, der Schaden, welcher der Astronomie erwächst, aber ein so enormer sein, dass sich meines Erachtens die Astronomen niemals entschliessen dürfen, den Decimalgrad zu adoptieren, auch wenn sonst eine allgemeine Annahme erfolgen sollte.

Der Vorteil des Decimalgrades ist, dass bei Addition von Winkeln der Überschuss über 2π durch Subtraktion von 40 statt von 36 gebildet wird, und dass der Quadrant 100 Grad statt 90 beträgt. Ich glaube, dass auch ein ungeübter Rechner diese Erleichterung nicht zu hoch anschlagen wird.

Was den Übergang vom Winkel zur Zeit und umgekehrt anlangt, so ist derselbe im alten wie im neuen System gleich leicht auszuführen, denn eine Division, bezw. Multiplikation mit 15 oder mit 6 dürfte auf der gleichen Stufe stehen. Ein gehörig angeleiteter Rechner wird in dem einen wie in dem anderen Falle das Resultat ohne Tafel und ohne Zwischenrechnung sofort anschreiben können.

Dagegen geht der einfache Zusammenhang zwischen Winkel und Zeit, der im alten System durch die Gleichungen gegeben ist:

$$1^h = 15^0 \qquad 1^0 = 4^m$$
$$1^m = 15' \qquad 1' = 4^s$$
$$1^s = 15''$$

und für die Überschlagsrechnungen so sehr viele Vorteile bietet, im neuen System völlig verloren, denn hier haben wir die incommensurabeln Beziehungen:

$$1^H = 16^0{,}666\ldots.$$
$$1^M = 16'{,}666\ldots.$$
$$1^S = 16''{,}666\ldots.$$

Auf diese Punkte soll jedoch kein besonderes Gewicht gelegt werden; der Hauptgrund, der jedem Astronomen die Annahme des neuen Systems unmöglich macht, liegt in der Unterbrechung der Tradition, beziehungsweise in der Notwendigkeit, alle alten Beobachtungen und Tafeln in das neue System umzurechnen. Dass dies schlechterdings unmöglich ist, hat sich schon im Anfang dieses Jahrhunderts herausgestellt; am Ende desselben, wo eine fast unübersehbare Reihe von neuen Beobachtungen und Tafeln (Planetentafeln, Refraktionstafeln, Sternkatalogen u. s. f.) hinzugekommen, wäre eine Änderung etwa gleichbedeutend mit der Forderung, 10 Jahre lang auf jede Fortarbeit zu verzichten und ledig-

lich das vorhandene Material in die neue Form umzusetzen. Wäre der Vorschlag etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts aufgetaucht, so möchte er auch für den Astronomen discutabel gewesen sein, heute kommt er ohne Zweifel zu spät.

Es liegt auch nicht so, dass mit einer einmaligen Umrechnung dieser Sammelwerke die Arbeit ein- für allemal geleistet wäre, sondern der Fortschritt in der Astronomie bedingt ein fortwährendes Zurückgehen auf die Originalbeobachtungen, aus denen jene Sammelkataloge entstanden. Die Arbeit des Umrechnens würde also eigentlich für den Astronomen niemals ein Ende erreichen.

Gegenüber dieser den Astronomen zugemuteten Arbeitslast kommt anderen Nachteilen ein geringeres Gewicht zu. Doch soll wenigstens noch erwähnt werden, dass alle mit grosser Mühe fein untersuchten Kreisteilungen, auf denen die Fundamente der Astronomie ruhen, sowie alle Normaluhren, deren Gang durch jahrelange Beobachtungen die erforderliche Vollkommenheit erlangt hat, mit Einführung des neuen Systems antiquiert werden und durch neu zu beschaffende und neu zu untersuchende Kreise und Uhren zu ersetzen sind. Die hierzu erforderlichen Geldmittel und Arbeitskräfte sind keineswegs zu unterschätzen.

Fragen wir nun zum Schluss, welches der Preis ist, um den die Astronomie alle diese Nachteile auf sich nehmen würde, so kann nur geantwortet werden, dass der astronomische Rechner in Zukunft von 10 und 40 statt von 9 und 36 abzuziehen haben würde, und dass bei einigen Interpolationen die Verwandlung in Decimalteile erspart bliebe. Angesichts dessen erscheint es gewiss eine unerhörte Forderung, lediglich deshalb, dass von einem einzelnen Beruf gewisse, an sich einfache Rechnungen noch leichter ausgeführt werden können, Jahrtausende alte, bewährte, von allen Völkern angenommene und in alle Lebenskreise und Wissenschaften eingedrungene Kultureinrichtungen beseitigen und durch keineswegs vollkommene ersetzen zu wollen. Der näher liegende Weg erscheint doch der zu sein, die Ausbildung und Einübung der Seeleute so zu vervollkommnen, dass sie auch die etwas schwierigere Arbeit bewältigen können.

Leitsätze:

I. In der Astronomie kann von den bisherigen Einheiten der Zeit und des Winkels unter keinen Umständen abgegangen werden.

II. Die decimale Unterteilung der bisherigen Einheiten empfiehlt sich nicht für den astronomischen Gebrauch im allgemeinen.

III. Wollen andere Wissenschaften von der decimalen Teilung der bisherigen Einheiten durchgehenden Gebrauch machen, so ist vom astronomischen Standpunkt dagegen um so weniger etwas zu erinnern, als die Astronomen dieselbe schon längst anwenden, wo es zweckmässig ist.

Das dritte Referat erstattete Oberlehrer **Schülke**-Osterode, Ost-Pr. vom Standpunkte des Unterrichtsmannes:

Der stetige Fortschritt von Wissenschaft und Technik drängt zu einer eingehenden Behandlung der Mathematik auf dem Gymnasium, andrerseits aber machen die fortdauernden Klagen über Überbürdung der Schüler es dem Lehrer zur Pflicht, auch jede kleine Erleichterung anzunehmen. Aber es wäre nicht zweckmässig, wenn der Unterricht allein ohne Verbindung mit den Wissenschaften vorgehen würde.

Die Geodäsie will den rechten Winkel decimal teilen, die Astronomie will den jetzigen Grad beibehalten; diesen dagegen teilen die Astronomie, Nautik und Physik für gewisse Rechnungen decimal. Diese Sachlage kann wohl auch durch die bevorstehende internationale Besprechung nicht geändert werden. Würden selbst Deutschland und Frankreich die neue Teilung annehmen, so würden doch England und Amerika nicht folgen. Es werden also auch in Zukunft die drei Teilungen bestehen bleiben, von denen vorzugsweise die alte gebraucht werden wird. Mithin muss das Gymnasium die Umwandlung der Teilungen ineinander lehren, braucht aber nur eine derselben für die Rechnungen in der Schule beizubehalten.

Von 17000 Schülern, die alljährlich in Preussen mit der Trigonometrie beginnen, ger langen nur 5400 zur Reifeprüfung, und nu- 1700 erfahren auf der Hochschule eine Vollr endung ihrer mathematischen Ausbildung. Fün alle übrigen muss der Schulunterricht alleie sorgen, und für diese ist bei der Trigonometrie die decimale Teilung die allein geeignete; dir 3 Einheiten und die Interpolation bilden füe den Anfänger eine Schwierigkeit, deren Gröss- von dem Fachmann oft unterschätzt wird.

Zunächst ist die Frage, welche Einheit zu wählen ist, d. h. ob der Quadrant in 100 oder in 90 Teile zu teilen ist. Da ist zu bemerken, dass im Unterricht die Winkel von 30^0 und 60^0 eine erhebliche Rolle spielen, während die nach der neuen Teilung leichter zu bestimmenden Komplemente und Supplemente unwichtiger sind. Weiter ist 1^0 auf der Erdoberfläche etwa gleich 100 km, die Seemeile $= {}^1/_{60}$ Grad, während sie ${}^1/_{54}$ Neugrad wird. Ebenso entspricht die Stunde 15^0, aber $16^2/_3$ Neugrad. Auch ist der Anschluss an die Astronomie, Physik, Nautik und Geographie, die den alten Grad beibehalten, für die überwiegende Zahl der Schüler wichtiger, als der Anschluss an die Geodäsie, die den

Neugrad wünscht. Endlich ist die Decimalteilung des Grades in der Wissenschaft ziemlich verbreitet, wie an bestimmten Beispielen gezeigt wurde.

Daher scheint mir die Beibehaltung des alten Grades für den Unterricht richtig; diesen aber decimal zu teilen, giebt im Unterricht wesentliche Vorteile. Auch eine solche kleine Erleichterung, wie diese, ist für den Schüler ungefähr ebenso wichtig, wie für den Soldaten eine geringe Erleichterung des Gepäckes.

An einer Änderung der Zeiteinteilung hat der Unterricht gar kein Interesse.

Für die zahlreichen Anhänger der alten Teilung möchte ich noch bemerken, dass ein Vergessen derselben gar nicht zu befürchten ist. Einerseits zwingt uns die alte Litteratur beständig, darauf zurückzugreifen. Auch zeigt der Gebrauch der römischen Zahlen, dass eine tausendjährige Gewohnheit nicht leicht aufgegeben wird.

Ich empfehle also im Interesse der Einfachheit und Übersichtlichkeit der Rechnungen und in der Absicht, die Zeit und Kräfte der Schüler für wichtigere Aufgaben zu gewinnen, unter Beibehaltung des 90. Teils des Quadranten als Einheit, zur decimalen Teilung des Grades überzugehen.

Discussion.

Seeliger-München (Astronom): Ich stehe auf demselben Standpunkt, wie Dr. Schülke. Ich könnte mich vollständig damit einverstanden erklären, dass wir diesen Kompromiss schliessen, den alten Grad beibehalten und diesen decimal teilen. Ich sehe einen Vorteil der decimalen Teilung des Quadranten absolut nicht ein. Wenn ich Herrn Prof. Mehmke recht verstanden habe, reduciert sich der ganze Vorteil auf die Subtraktion von 400 anstatt von 360. Dem steht gegenüber, was Bauschinger ausgeführt hat, dass die alte Teilung so absolut fest steht und allgemein acceptiert ist. Ich glaube daher, dass der alte Grad die Einheit bleiben muss, da er auch — dies könnte ein neuer Gesichtspunkt sein — bei allen Abschätzungen, die jeder Forscher vorzunehmen hat, uns als Bild vorschwebt. Die Übereinstimmung der Bogenteilung und der Zeit wird von Mehmke entschieden unterschätzt. Auch der Geodät hat oft genug mit der Zeitmessung zu thun.

Ich würde mich also dahin aussprechen, dass ich mich in diesem einen Punkte nicht ganz mit Bauschinger einverstanden erklären könnte, die einfache decimale Teilung des Grades anzunehmen. Das ist in der Astronomie praktisch schon oft ausgeführt worden, und wer die betreffenden Tabellen hat, wird z. B. bei den Berechnungen von Doppelsternen stets die decimale Teilung benutzen.

Förster-Berlin (Astronom): Ich bin in dem Berichte des ersten Herrn Referenten als derjenige erwähnt worden, welcher durch seine Anregung die Discussion in Heidelberg und Bremen veranlasst hat (im vorliegenden Referate nicht erwähnt). Dadurch erscheine ich gewissermassen als engagiert für die centesimale Teilung des Quadranten. Daher ist es mir ein besonderes Bedürfnis, meine Stellung zu präcisieren.

Ich glaube, die Astronomen werden dazu kommen, mit der Hundertteilung des Quadranten zu rechnen, namentlich in längeren Rechnungen, ohne deshalb mit der alten Teilung bei den Beobachungen zu brechen. Die jedesmaligen Umrechnungen, wenn sie mit Hilfe von Tafeln erfolgen, werden gar nicht ins Gewicht fallen gegenüber den Vorteilen des decimalen Rechnens. Daran ist natürlich gar nicht zu denken, dass die Millionen alter Beobachtungen umgerechnet werden, die dadurch auch von ihrer Klassicität verlieren würden.

Dann möchte ich noch bemerken, mir ist nicht bekannt, dass die Nautik irgendwie dazu drängt, die Decimalteilung in ihrem Gebiete einzuführen. Ich glaube, dass es kaum ein Gebiet menschlicher Thätigkeit giebt, in welchem man mit Recht so wenig nach Neuerungen strebt, wie in der astronomischen Nautik.

Ich habe mich gewundert, dass die Herren nichts gesagt haben über die Erfahrungen, die die Geodäten bei der Anwendung beider Systeme gemacht haben. Dort liegt die Sache anders. In der niederen Geodäsie bietet die Hundertteilung des Quadranten grosse Vorteile.

Was die Zeit betrifft, stimme ich mit Bauschinger und Schülke ganz überein. Auch die Decimalteilung der Stunde halte ich nicht für gut. Ich erinnere nur an die Einrichtung der Zifferblätter. Auch die Physiker werden wohl über die Einrichtungen auf Grundlage der Sekunde noch sprechen. Dann muss ich noch bemerken, dass für das Rechnen mit der Zeit auch ausserhalb der Astronomie kein Bedürfnis nach einer Änderung vorliegt; die entgegengesetzte Behauptung beruht auf einem Missverständnis und geht von einem Decimalfanatismus aus. Bauschinger sagt sehr richtig, das metrische System macht seinen Siegeslauf, weil es überall Ungleichmässigkeiten beseitigt. Hier müsste aber die Gleichmässigkeit beseitigt werden; wir würden gar nicht imstande sein, die decimale Teilung ohne weiteres einzuführen. Schon die Einführung der Greenwicher Zeit macht grosse Schwierigkeiten. Nach dieser Richtung hin müssen wir im nächsten Jahre in Frankreich wirken. Ich bin der Meinung, wir sollten einige Männer nach Paris schicken, die

den verständigen Leuten dort gegen die Decimalfanatiker beistehen.

Neumayer-Hamburg (Direktor der Seewarte, Nautiker). In Beziehung auf das, was die Nautik anlangt, stehe ich ganz auf dem Boden Försters. Auf seinem Standpunkt stehe ich auch in Beziehung auf die Zeiteinteilung. Die Nautiker werden uns, wenn sie erfahren haben, dass wir uns in diesem Sinne erklären, sehr dankbar sein.

Boltzmann-Wien (Physiker): Die Physiker haben ebenso wie die Mathematiker kein so direktes Interesse an dieser Angelegenheit. (Der Vorsitzende Klein hatte bei Eröffnung der Discussion, sich an einen Mathematiker wendend, gesagt: Ihnen ist die Sache jedenfalls gleichgiltig.) Sie empfinden einerseits die Unbequemlichkeiten der gegenwärtigen Zeit- und Winkelteilung nicht allzu schwer; anderseits haben sie nicht so viel Daten, wie die Astronomen, dass das Umrechnen derselben unüberwindliche Schwierigkeiten machen würde. Wenn man fur die Zeit die gegenwärtige Teilung beibehielte, ebenso den Grad, diesen aber decimal teilte, so ist das etwas, was vielleicht erreichbar wäre und manche Rechnungen erleichtern würde. Aber das möchte ich betonen, dass die Einheitlichkeit die Hauptsache ist; die muss erhalten bleiben. Eine Zerstörung der jetzt herrschenden Einheitlichkeit wäre das, was den Physikern am allerungeeignetsten erscheinen würde.

Warburg-Berlin (Physiker): Ich habe mich mit der Frage wenig beschäftigt. Boltzmanns Ausführungen aber erscheinen mir sehr vernünftig. Die Zeitsekunde ist jedenfalls beizubehalten, auch sind eben erst die elektrischen Masseinheiten auf sie begründet, und ich möchte nicht wieder daran rütteln. Der jetzige Winkelgrad kann vielleicht decimal geteilt werden; aber ich möchte auch, wie Boltzmann, betonen, dass absolute Einigkeit die Hauptsache ist. Darin besteht ja auch der wesentliche Nutzen der elektrischen Einheiten. Ehe man etwas Neues vorschlägt oder sich zu etwas Neuem in dieser Richtung entschliesst, möchte ich es doch für wichtig halten, sich mit den Präcisions-Mechanikern in Verbindung zu setzen, ob irgend ein Vorschlag bei ihnen auf allgemeine Annahme rechnen könnte.

M. Schmidt-München (Geodät): Die Geodäten haben bei der Rechnung mit der Centesimalteilung des Quadranten keinerlei schlimme Erfahrungen gemacht. Was nun die decimale Einteilung des jetzigen Grades in Unterabteilungen betrifft, so habe ich lange Zeit, etwa 12 Jahre, mit beiden Teilungen, der alten und der decimalen, gearbeitet, bei den oberirdischen Messungen mit der einen, bei den unterirdischen mit der anderen. Und da hat sich gezeigt, dass die decimale Teilung des alten Grades beträchtliche Vorteile zeigt, und wir haben sie, wo es irgend anging, angewendet. Ich kann dem Kompromiss-Vorschlag nur zustimmen, und schliesse mich im übrigen den Astronomen an.

Mehmke: Geheimrat Förster ist seiner Zeit für die Decimalteilung des Quadranten eingetreten. Die Umrechnungen, von denen Bauschinger spricht, hat den Astronomen noch niemand zugemutet; dass der wissenschaftliche Fortschritt dadurch gehemmt würde, ist eine kolossale Übertreibung. Die Umrechnung könnten untergeordnete Hilfskräfte besorgen. Auch könnte man eine Rechenmaschine konstruieren von der Art, dass man eine Winkelangabe nach alter Teilung auf ihr abtastet und dass dann die Zahl nach neuer Teilung erschiene. Das ist gar nicht so schwierig. Man könnte sogar den Druck vorsehen, so dass die Umrechnung gar keine Schwierigkeit böte. Aber das nur nebenbei; denn ich glaube nicht, dass die Astronomen sich dazu entschliessen werden.

Was die Geodäten betrifft, so scheint mir Schmidt nicht die Meinung der Mehrzahl zu vertreten. Die Mehrzahl ist nach meiner Erfahrung sehr für die Decimalteilung des Quadranten, und der Vermittlungsvorschlag, glaube ich, wird auf entschiedenen Widerspruch bei ihnen stossen, und ich glaube, auch bei den Präcisionsmechanikern. Denn viele mechanische Institute haben ihre Teilmaschinen auf die alte und neue Teilung eingerichtet, die Physikalische Reichsanstalt liefert Mutterkreise für die alte und neue Teilung. Wenn sie noch für eine dritte Teilung Vorkehrungen treffen sollten bei ihren Teilmaschinen, würde ihnen die Sache wohl zu bunt werden.

Tesdorpf-Stuttgart (Präcisions-Mechaniker): Für uns ausführende Mechaniker würde, wenn noch weitere Teilungsarten zu den bisherigen hinzukämen, allerdings bedeutende Arbeitsvermehrung erwachsen. Insofern wäre es zu begrussen, es bliebe beim Alten. Doch möchte ich nicht den Anschein erwecken, falls Anforderungen von seiten der Wissenschaft als dringend gestellt werden, wir solche aus rein geschäftlichen Gründen zu untergraben geneigt wären. Wir werden mit den Wissenschaften stets gleichen Schritt halten.

Ich glaube auch im Sinne meiner Kollegen zu handeln, wenn ich zu dieser Frage keine direkte Stellung nehme.

Förster: Ich bin allerdings der Meinung, dass der grosse Beobachtungsschatz der Astronomie nicht umgerechnet werden darf. Ich glaube, man wird das alte Material nur ge-

gebenen Falles ad hoc umsetzen, wenn man mit ihm in neuer Teilung längere Rechnungen auszuführen hat. Hierfür werden Rechenmaschinen ganz gute Dienste leisten; aber auch Tafeln hierzu sind jetzt schon vorhanden.

Die decimale Teilung des jetzigen Grades scheint mir ganz im Sinn eines solchen Übergangsverfahrens zu liegen. Es wird hier gerade so gehen, wie es mit der Sekunde gegangen ist, die Ptolemaeus ebenfalls noch sexagesimal weiter geteilt hat. Wir haben bei der Sekunde Halt gemacht, und der Schritt, den wir jetzt mit der decimalen Teilung des Grades machen wollen, entspricht ganz diesem Weg.

M. Schmidt: Ich möchte nicht missverstanden werden. Ich habe erklärt, dass die Geodäten nur günstige Erfahrungen mit der Centesimalteilung des Quadranten gemacht haben. Und weiter habe ich meine Erfahrungen, die ich 12 Jahre lang mit der decimalen Unterteilung des gegenwärtigen Grades gemacht habe, als sehr günstige bezeichnet.

Es wird von dem stellvertretenden Vorsitzenden, Prof. Klein, angeregt, dass die Deutsche Mathematiker-Vereinigung auf Grund der Debatte einen Bericht verfasse und im Namen der Naturforscherversammlung dem Reichskanzler überreiche mit dem Ersuchen, den Pariser Kongress durch Sachverständige zu beschicken, die sich im Sinne dieses Berichtes zu informieren hätten. Der Vorsitzende der Vereinigung sichert die Ausführung dieses Vorschlages zu, und es erfolgt allgemeine Zustimmung.[1])

(Von den Beteiligten durchgeseh. Referat von Dr. B. Borchardt.)

1) Dieser Bericht, vom Schriftführer der Deutschen Mathematiker-Vereinigung Prof. Gutzmer-Jena, auf Grund des authentischen Materials zusammengestellt, ist noch im Oktober dem Herrn Reichskanzler zugegangen; der Bericht erscheint in den Verhandlungen der Naturforscher-Gesellschaft und wird in weiterer Ausführung in dem Jahresbericht VIII der Deutschen Mathematiker-Vereinigung veröffentlicht werden.

BESPRECHUNGEN.

Über eine optische Methode der Illustrationstechnik (Autotypie).

Die reproduktive Illustrationstechnik bedient sich seit etwa einem halben Jahrhundert einer optischen Methode zur Zerlegung der kontinuirlichen Tonreihe toniger Vorlagen in aequivalente Töne aus rein weissen und schwarzen Elementen. Diese Methode entwickelte sich aus den Bestrebungen, die bekannte analoge Thätigkeit der Holzschneider, Kupferstecher u. s. w. durch ein rein mechanisches Mittel zu ersetzen. Heute hat man dies Ziel nicht nur erreicht, sondern man hat, was Treue der Reproduktion anlangt, die manuellen Techniken weit überflügelt.

Der optische Apparat dieser wichtigen Methode besteht aus einem, in einer Ebene angeordneten System vieler, äusserst kleiner Lichtschirme, welche teils opak, teils durchscheinend, transparente Elemente von ähnlichen Dimensionen und Formen zwischen sich lassen.

Derartige Specialschirme (screens, veils, tints) werden in Deutschland als „Töne, Raster" bezeichnet.

Hinsichtlich der Form und Anordnung der einzelnen Elemente unterscheidet man circa 7 Haupttypen, von welchen der Kreuzrastertypus (System paralleler, sich kreuzender Linien) die grössten praktischen Vorteile bietet.

Die Rasterverfahren lassen sich einteilen in
1. Rasterkopierverfahren und
2. Rasteraufnahmeverfahren.

Bei dem ersteren werden die Raster in Form dunner Schichten (Collodium- oder Gelatinehäutchen) zwischen photographische Matrize und präpariertes Material gelegt und so dem Lichte ausgesetzt (kopiert).

Bei dem zweiten, gebräuchlicheren Verfahren setzt man den Raster während der Aufnahmen im photographischen Apparat entweder in den Objektraum (in bestimmte Stellung vor oder hinter dem Objekt) oder in den Bildraum (in bestimmte Stellung vor dem Bild resp. der photographischen Platte.)

Infolge des enormen Aufschwunges und der grossen industriellen und kulturellen Bedeutung der Rasterphotographie wurde die Theorie der optischen Rasterwirkung in letzter Zeit mehrfach erörtert. Die Typen des Kreuzrasters, des Schachbrettrasters und des vignettierten Rasters wurden besonders eingehend durch E. Deville[1]), Canada, untersucht und die Gesetze der geometrischen Lichtverteilung durch diese Raster festgelegt. (Halbschattentheorie.) Die gleichzeitig, sowohl im Objektiv (Blende) wie an den Rasterelementen auftretenden Diffraktionserscheinungen modificieren indes die rein geometrische Lichtverteilung erheblich und es erscheint eine vollkommene Lösung des ausserordentlich komplicierten Problems fast ausgeschlossen. Die endgiltige Frage nach Form

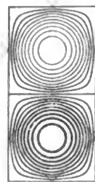


Fig. 1.

1) Die Theorie des Rasters in dem photomechanischen Verfahren. Phot. Mitt. 1899, S. 259.

und Grösse der einzelnen Elemente im Druck wird ausserdem noch durch eine Reihe chemisch-mechanischer Wirkungen während der Zwischenoperationen wesentlich beeinflusst.

Immerhin haben die theoretischen Erwägungen viel zur Erleichterung der Praxis beigetragen und es sind die dahin zielenden Studien durchaus noch nicht als abgeschlossen zu betrachten.

In folgendem wollen wir kurz den Devilleschen Ausführungen über den wichtigsten Fall der Praxis folgen. Es handelt sich um die Frage nach der rein geometrischen Lichtverteilung durch einen Kreuzraster im Aufnahmeverfahren, und zwar für den speciellen Fall, wo sich der Raster im Bildraum in kurzer Entfernung vor der Bildebene befindet.

Aus einiger Entfernung zu betrachten.



Fig. 2. Vorlage.



Fig. 3. Reproduktion mittelst Kreuzraster. Massstab ca. 7:1.

Als Lichtquelle ist die Blendenfläche zu betrachten, deren Helligkeit proportional der Lichtmenge, welche der entsprechende Objektpunkt aussendet, variiert. Der Kreuzraster entwirft alsdann auf der Bildebene resp. photographischen Platte einen diffusen Schatten, welcher am hellsten hinter den transparenten, und am dunkelsten hinter den opaken Teilen des Rasters ist; dazwischen liegen verschiedene Helligkeitsgrade.

Bezeichnet man mit J die Beleuchtung auf den Teilen der Bildebene, welche den vollen Betrag der Blendenhelligkeit empfangen, mit q den Teil der von einem Punkte des Halbschattens aus sichtbaren Blendenfläche, so ist die Beleuchtung i in diesem Punkte

$$i = q\,J.$$

Zur Bestimmung der autotypischen Punktformen resp. Dimensionen konstruiert nun Deville die Kurven gleicher Beleuchtung.

Hat man einen Kreuzraster von gleicher Linienbreite (opake und transparente Linien gleich breit) und eine quadratische Blendenöffnung, deren Diagonalen den Rasterlinien parallel laufen, so erhält man für Werte von $\frac{i}{J}$, welche in arithmetischer Reihe von $\frac{1}{20}$ bis 1 wachsen, die in der Figur 1 dargestellten Kurven, wenn die Bedingungen der folgenden Gleichung erfüllt sind.

$$f = \frac{F}{n\Delta}.$$

In welcher

f die Entfernung des Rasters von der Bildebene (Rasterdistanz),

F die Bildweite,

$\frac{1}{n}$ das Netzintervall und

Δ die Länge der Blendendiagonale bedeutet.

Die Umrisse des vorgeschalteten Kreuzrasters sind in der Figur punktiert angedeutet. Die Kurven der oberen Quadrate befinden sich hinter den Schnittflächen der opaken Linien, die Kurven des unteren Quadrates hinter den transparenten Quadraten des Kreuzrasters. Das autotypische Negativ setzt sich nach der Aufnahme von einer getönten Vorlage (Figur 2) aus transparenten Punkten der oberen, und opaken Punkten der unteren Kurvenformen zusammen. Im Positiv (Kopie, Druck) ist das Verhältnis umgekehrt (Figur 3).

Für $\frac{i}{J} = \frac{1}{2}$ erhält man abwechselnd transparente und opake Quadrate in der Art eines Schachbretts (Mittelton).

Wenn diese einfachen geometrischen Regeln ausschliesslich Geltung hätten, so würde man die kontinuierlichen Töne der Vorlagen mit Leichtigkeit in die aequivalenten autotypischen Töne aus weissen und schwarzen Punkten zerlegen können. Leider treten die bereits angeführten Beugungs- und chemisch-mechanischen Wirkungen hinzu und erschweren eine vollkommene theoretische Behandlung des Problems ausserordentlich. Andererseits haben indes die letztgenannten Wirkungen für die Praxis einen wesentlichen, nicht zu unterschätzenden Vorteil.

C. Grebe, Jena.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 17. Februar 1900. **1. Jahrgang.**

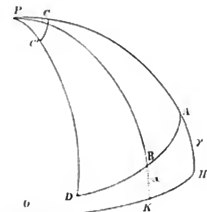
INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über eine Korrektion bei der Winkelmessung durch Spiegelablesung.

Von Arthur Schuster.

Bei der Winkelmessung durch optische Methoden wird angenommen, dass der reflektierende Spiegel mit seiner Fläche parallel der Drehungsachse liegt. Bei den leichten Suspensionen, wie sie jetzt bei Galvanometern angebracht werden, ist eine Justierung des Spiegels in dieser Hinsicht nicht gut möglich und es kommt vor, dass die Spiegelnormale einen Grad — vielleicht auch mitunter mehr — gegen die Horizontale geneigt ist. Der Fehler, der hierdurch in der



Winkelbestimmung hervorgerufen wird, ist gering und in den meisten Fällen kann er vernachlässigt werden. Aber wenn es auf absolute Bestimmungen und grosse Genauigkeit ankommt, so kann der Fehler doch bemerklich werden. Jedenfalls ist es wünschenswert durch Rechnung zu bestimmen, bis zu welchem Grade der Genauigkeit in einzelnen Fällen der Spiegel justiert sein sollte.

Die Figur soll eine Kugelfläche darstellen, deren Mittelpunkt O mit dem Mittelpunkt des Spiegels übereinstimmen soll. OP sei die Drehungsachse des Spiegels, OA die Richtung des auffallenden Lichtstrahles.

Liegt die Spiegelnormale ursprünglich in der Ebene OPA und wird der Spiegel abgelenkt bis die Normale in die Richtung OB kommt, so ist APB der zu bestimmende Ablenkungswinkel, der durch C bezeichnet werden soll. Der reflektierte Strahl OD liegt in der Ebene OAB und zwar so, dass $AB = BD$. Der Winkel APD (C') des sphärischen Dreiecks kann durch die Spiegelablesung direkt bestimmt werden und es kommt also darauf an, eine Gleichung zwischen C und C' aufzustellen. Es sei γ die Neigung des auf den Spiegel fallenden Strahlenbündels, α die Neigung der Spiegelnormalen, beide entweder aufwärts oder abwärts gemessen. Man hat dann infolge von $BD = AB = c$,

$$\sin PD \sin (C' - C) = \sin C \cos \gamma$$

und im Dreieck APD, wenn man den Winkel bei A mit A bezeichnet,

$$\sin 2c \sin A = \sin PD \sin C'.$$

Also:

$$\frac{\sin (C' - C)}{\sin C'} = \frac{\sin C \cos \gamma}{\sin 2C \sin A}. \qquad (1)$$

In dem Dreieck APB hat man:

$$\cos c = \cos C \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma$$

und

$$\sin A \sin c = \sin C \cos \alpha .$$

Also:

$$\frac{\sin A \sin 2c}{\sin C} = 2 \qquad (2)$$

$$(\cos C \cos \gamma \cos^2 \alpha + \sin \gamma \sin \alpha \cos \alpha).$$

Eliminiert man A durch (1) und (2), so findet man

$$\frac{2 \sin (C' - C)}{\sin C'} = \frac{\cos \gamma}{\cos C \cos^2 \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \cos \alpha \sin \gamma}$$

Diese Gleichung enthält die Theorie der Spiegelablesung in der allgemeinsten Form, denn sie giebt die Drehung C' des reflektierten Strahles, falls die Drehung C des Spiegels bekannt ist.

Setzt man $\alpha = 0$, so dass die Normale senkrecht auf der Drehungsachse steht, so erhält man

$$2 \frac{\sin(C' - C)}{\sin C'} = \frac{1}{\cos C},$$

woraus sich leicht $C' = 2C$ ableiten lässt. Dies ist die gewöhnliche Annahme, bei der α verschwindet. Die Gleichung zeigt, dass, falls die Normale richtig steht, das auffallende Strahlenbündel beliebig gegen die Drehungsachse geneigt sein kann. Um nun den Einfluss der Neigung des Spiegels näher zu untersuchen, ziehen wir zunächst von beiden Seiten obiger Gleichung $\frac{1}{\cos C}$ ab.

Es ergiebt sich:

$$\cos 2C - \sin 2C \cos C' = \frac{\cos\gamma \cos C \sin^2\alpha - \sin\alpha \cos\alpha \sin\gamma}{\cos C \cos\gamma \cos^2\alpha + \sin\alpha \cos\alpha \sin\gamma}.$$

Sind α und γ klein, so dass man Grössen, die von niederer Ordnung wie α^3 oder γ^3 sind, vernachlässigen kann, so ist annäherungsweise

$$\cos 2C - \sin 2C \cos C' = \sin^2\alpha - \sin\alpha \sin\gamma \sec C$$
$$= \alpha^2 - \alpha\gamma \sec C. \qquad (3)$$

Es sei nun x die beobachtete Ablesung, dx die anzubringende Korrektion, so dass

$$C = \frac{1}{2} \arctan \frac{x + dx}{D}$$

der Drehungswinkel der Normale ist, wobei D den Abstand zwischen Spiegel und Skala misst; ferner sei $C' + dC' = 2C$.

Aus $$C' + dC' = \arctan\left(\frac{x + dx}{D}\right)$$

folgt $$\frac{dC'}{\cos^2 C'} = \frac{dx}{D}$$

und aus $$C' + dC' = 2C$$

folgt $\cos 2C - \sin 2C \cot(C' + dC') = 0$

oder

$$\cos 2C - \sin 2C \cot C' + \frac{\sin 2C}{\sin^2 C'} dC' = 0,$$

also

$$x(\cos 2C - \sin 2C \cot C') = -\cot C' \sin 2C\, dx.$$

Durch Einsetzung in (3) ergiebt sich die Korrektion der Ablesung

$$dx = \frac{x \tan C'}{\sin 2C \cos C} \alpha(\gamma - \alpha \cos C).$$

oder mit genügender Annäherung

$$= \frac{x}{\cos C \cos 2C} \alpha(\gamma - \alpha \cos C),$$

Diese Gleichung gilt, wie gross auch die Ablenkung ist, wenn nur α und γ Grössen sind, deren vierte Potenzen vernachlässigt werden können. Nun ist aber C ein Winkel, dessen Tangente im allgemeinen $^1/_1$ nicht überschreitet. Man kann daher auf der rechten Seite ohne merklichen Fehler den cosinus von C und $2C$ gleich einsetzen und erhält daher schliesslich als Endresultat

$$dx = x\alpha(\gamma - \alpha).$$

Diese Korrektion, die zur Ablesung x zu addieren ist, wurde von mir bei Gelegenheit der gemeinschaftlichen Arbeit mit Lord Rayleigh über die Ohmbestimmung (Proc. Roy. Soc. 1881) ausgearbeitet, die Ableitung des Resultates aber nicht veröffentlicht. Damals betrug bei den Experimenten α nur 14 Minuten, γ hingegen $2^0\ 10'$, wodurch bei Einsetzung der betreffenden Zahlen

$$dx = x \cdot 00014$$

gefunden wurde. Es ist mir nicht bekannt, dass die Neigung des Spiegels sonst irgendwo berücksichtigt worden ist, doch kann man, wenn man sich nicht besonders bestrebt die Korrektion klein zu halten, leicht Irrtümer von etwa einem Tausendsten begehen.

Um α und γ annäherungsweise zu bestimmen, braucht man nur die Höhe des Mittelpunktes des Spiegels, sowie den von dem Fadenkreuze bedeckten Punkt der Skala und des Ablesungsfernrohres über einer Horizontalebene etwa über dem Fussboden zu messen. Bezeichnen h_1, h_2, h_3 diese drei Höhen, so ist

$$\alpha = \frac{h_2 + h_3 - 2h_1}{2D},$$

$$\gamma = \frac{h_3 - h_1}{D},$$

$$\gamma - \alpha = \frac{h_3 - h_2}{2D}.$$

Ferner ist noch zu bemerken, dass in obiger Entwickelung D der Abstand des Spiegels von der vertikal gedachten Skalenebene ist, also nicht etwa der Abstand des Spiegels von der Skalenteilung, die je nach der Neigung des Fernrohres weiter oben oder weiter unten liegt.

(Eingegangen 25. Jan. 1900.)

Über eine photometrische Methode zur Bestimmung hoher Temperaturen.

Von H. Wanner.

(Vorläufige Mitteilung.)

Herr F. Paschen und ich[1]) haben photometrische Messungen über die Veränderung der Lichtintensität des schwarzen Körpers mit der Temperatur angestellt und gefunden, dass sie mit der Wien-Planckschen Formel

$$\mathfrak{J} = c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

übereinstimmten, die auch durch bolometrische

1) Ber. d. Berl. Akad. 1899, 2, S. 5—11.

Messungen Herrn Paschens innerhalb weiter Temperatur- und Wellenlängen-Grenzen bewiesen ist.[1]) Hiernach war

$$log\, J = \gamma_1 - \gamma_2 \frac{1}{T}$$

durch eine gerade Linie, die „isochromatische Gerade" darstellbar. In nächster Zeit werde ich über Versuche berichten, welche innerhalb der Temperaturen 990° — 1570° (abs.) und für Wellenlängen innerhalb 0,66 — 0,49 μ mit den von Herrn Paschen benutzten Strahlungskörpern unter Anwendung von Spektralphotometern angestellt sind. Diese Versuche haben ergeben, dass innerhalb der Beobachtungsgrenzen und -Fehler $log\, J$ eine lineare Funktion von $\frac{1}{T}$ ist. Die Berechnung der Exponentialkonstanten c ergiebt im Mittel 14500, ein Wert, der mit dem von Herrn Paschen erhaltenen übereinstimmt. Nimmt man die Gültigkeit des Gesetzes auch für hohe Temperaturen an, so erscheint es möglich, durch photometrische Vergleichung der Strahlungsenergie eines Körpers von höherer Temperatur, als sie durch Luftthermometer zu messen ist, mit der Intensität einer Normalen diese Temperatur zu bestimmen. Dabei ist ferner vorausgesetzt, dass der Körper, dessen Temperatur man messen will, in gewissem Grade sich dem absolut schwarzen nähert. Wenn unabhängig von der Wellenlänge stets dieselbe Temperatur erhalten wird, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die gemessene Strahlung wenigstens innerhalb der zur Messung benutzten Wellenlängen schwarz ist.

Bei den Versuchen diente als Normale eine Mattscheibe, die aus unveränderlicher Entfernung durch eine Amylacetat-Lampe (mit Flammenmass) beleuchtet wurde und deren Strahlung durch Vergleich mit einem schwarzen Körper ermittelt war. Durch eine besondere Vorrichtung wurde erreicht, dass Photometer und Lampe immer in genau dieselbe Stellung zu einander gebracht werden konnten. Wiederholte Messungen ergaben eine befriedigende Konstanz der Normalen. Durch je zwei Messungen für 0,6563 und 0,5461 μ wurde gefunden, dass sie Licht von der ersteren Wellenlänge aussandte, wie ein schwarzer Körper von der Temperatur 1387,5° (abs.) bezw. 1387,7°, bei $\lambda = 0,5461\, \mu$ von 1446,3° bez. 1446,4° (abs.). Hiermit wurde das Licht des elektrischen Bogens verglichen, dessen Temperatur auch schon anderweitig bestimmt ist. Der positive Krater[2]) wurde durch ein System von 2 Linsen, zwischen denen die Lichtstrahlen parallel gingen, auf dem Spalte eines A. Königschen Spektralphotometers abgebildet. Zwischen den Linsen wurden Absorptionsgläser von sorgfältig bestimmter Absorption eingeschaltet. Als Vergleichslicht diente ein Auerbrenner mit gleichmässig mattiertem Cylinder, dessen Konstanz festgestellt war. Hierauf wurde das Bogenlicht durch die Normale ersetzt. Die Strahlungsenergie war nicht für alle Punkte des Kraters dieselbe, und die Ablesungen schwankten im Rot zwischen 80° 25' und 78° 30', im Grün zwischen 80° und 78° 5'. Mit Berücksichtigung der bekannten Absorptionen ergaben sich für die maximale Temperatur

3774° für 0,6563 μ,
3762° für 0,5461 μ,

für die minimale Temperatur

3548° für 0,6563 μ,
3580° für 0,5461 μ.

Eine dritte Messung für 0,5461 μ ergab als maximale Temperatur 3748°. Die Übereinstimmung mit den von Violle (3900°)[1]), Wilson und Gray (3600°)[2]), Frank W. Very (3900°)[3]), Lummer und Pringsheim (zwischen 3750° und 4200°)[4]) erhaltenen Werten ist befriedigend.

Hiernach scheint das Spektralphotometer in Verbindung mit einer Normalen zur Bestimmung von hohen Temperaturen in hervorragender Weise geeignet zu sein. Vor dem Bolometer, das durch Bestimmung der Wellenlänge der maximalen Intensität unter Benutzung des Gesetzes

$$\lambda_{max} \times T = \text{const.}$$

gleichfalls die Temperatur zu messen gestattet, hat es den Vorzug der leichten Behandlung und Bewegungsfreiheit, sowie der Anwendung eines verhältnismässig reinen Spektrums voraus. Eine besondere Anwendung wird die Bestimmung der „scheinbaren Temperatur" der Himmelskörper sein. Auch für niedere Temperaturen wird es in vielen Fällen wegen der Handlichkeit und Sicherheit den anderen Methoden vorzuziehen sein.

1) ebda. 1899, 22, S. 405—420. 53, S. 959—976.
2) 70 Volt, 15 Amp., käufliche Dochtkohle.

1) C. R. 120, 868, 1895. (Nach früh. Mess. 3500°.)
2) Proc. Roy. Soc. 58, 35, Juli 1895.
3) Astroph. Journ. 10, 208, 1899.
4) Verh. d. deutsch. phys. Ges. I, No. 12, 1899, S. 235.

Hannover, den 30. Januar 1900.

(Eingegangen 1. Febr. 1900.)

Über den Nachweis der Fluorescenz von Aluminium und Magnesium in Wasser und Alkohol unter Einwirkung von Induktionsströmen.[1])

Von Thomas Tommasina.

Vergangenen Juli bemerkte ich gelegentlich an dem weitesten Ende einer Fokusröhre voll destillierten Wassers, während ich nach der

1) Arch. de Genève, Januar 1900.

am andern Ende befindlichen Kathodenscheibe hinsah, eine schwache Fluorescenz.[1]) Ich nahm das Studium dieser Erscheinung wieder auf mit einer eiförmigen Röhre wie sie Crookes zur Beobachtung der Phosphorescenz verschiedener Körper in verdünnter Luft, unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen, hergestellt hat. Nachdem diese Röhre mit destilliertem Wasser gefüllt war, wurden die Aluminiumelektroden, die auf derselben Seite lagen und zwei Hohlspiegel bildeten, mit dem positiven Pole verbunden, wobei als Kathode ein Platindraht diente. Nach Verfinsterung des Zimmers sah ich, dass die beiden Spiegel fluorescierend geworden waren. Wurde die Stromstärke erhöht, so wurde der Schein so glänzend, dass er nicht nur das Wasser und die Röhre, sondern auch die nähere Umgebung erleuchtete. Wurde der Platindraht durch einen Aluminiumdraht ersetzt, so sah ich diesen leuchtend werden, während gleichzeitig die Scheiben wie der Draht von einer grossen Zahl kleiner Gasblasen mit kleinen Fünkchen bedeckt waren. Indessen war die Fluorescenz auch dort vorhanden, wo weder Funken noch Blasen auftraten. Da das Leuchten einen ausgesprochen pulsierenden Charakter hatte, stellte ich, indem ich den Primärstrom mit der Hand unterbrach, fest, dass der Öffnungsextrastrom die Anode, der Schliessungsextrastrom die Kathode leuchtend machte; demnach ist die Fluorescenz eine anodische. Obwohl die beiden Elektroden zu gleicher Zeit leuchtend zu sein scheinen, ist die Wirkung thatsächlich eine abwechselnde.

Um das Phänomen mit verschiedenen Metallen und Flüssigkeiten untersuchen zu können, bediente ich mich eines cylindrischen Glasbehalters, in welchen zwei Drähte oder zwei Metallplatten parallel eintauchten. Nur Aluminium und in geringerem Grade Magnesium wurden leuchtend. Platin, Silber, Kupfer, Messing, Zink, Zinn und Kadmium zeigten die Erscheinung scheinbar gar nicht. Für die beiden ersten stellte ich noch fest, dass die Fluorescenz mit der Stromstärke grösser und weisser, und mit der Vergrösserung der Elektrodenoberfläche schwächer wurde.

Durch eine Reihe von Experimenten mit Aluminium und Magnesium konnte ich feststellen, dass das Leuchten sich auch zeigt, wenn die Platten poliert sind, dass es indessen schneller auftritt, wenn die Platten durch den Gebrauch mit einer leichten Oxydationsschicht bedeckt sind; ausserdem ist in diesem Falle das Leuchten lebhafter. Entfernte man jene Schicht von einem Teile der Platten, so beobachtete ich, dass der polierte Teil viel weniger leuchtete, als der, welcher noch von Oxyd bedeckt war. Man könnte daraus den Schluss herleiten, dass das Oxyd eine Rolle spielt, ja dass es gerade das Oxyd ist, welches fluoresciert.

Was nun die Flüssigkeiten betrifft, in denen diese Erscheinung auftritt, so sind die geeignetsten destilliertes Wasser und Alkohol. Dann kommen gewöhnliches Wasser und sogar Wasser mit einigen Tropfen Schwefelsäure. Bei dielektrischen Ölen, wie Vaseline und Petroleum u. s. w. konnte ich gar keine Erscheinung erhalten.

In betreff der Erklärung des Phänomens bin ich geneigt anzunehmen, dass es während der Elektrolyse durch in beiden Richtungen aufeinanderfolgende Entladungen veranlasst wird, die zwischen dem Metall und der Flüssigkeit durch die dünne, von dem Oxyd gebildete, äusserst isolierende Schicht durchschlagen. Der Durchtritt des elektrischen Stromes durch das Oxyd dürfte die direkte Ursache der Fluorescenz sein.

(Aus dem Französischen übersetzt von B. Agricola.)

(Eingegangen 5. Febr. 1900.)

1) Soc. Ital de Phys. Congrès de Come, Sitzung vom 22. Septbr. 1899.

Über Gaskoncentrationsketten mit und ohne Niveauunterschied und eine neue Art von Gravitationselementen.

Von Emil Bose.

Analog den Amalgamkoncentrationsketten, welche ein und dasselbe Metall, nur in verschiedener Koncentration, an den beiden Elektroden enthalten, lassen sich auch leicht eingasige Gaselemente realisieren, etwa von dem Typus:



$$Pt \; \begin{matrix} H_2 \\ p_1 \end{matrix} \Big| \text{Elektrolyt} \Big| \begin{matrix} H_2 \\ p_2 \end{matrix} \; Pt.$$

Solche Gaskoncentrationsketten lassen sich auf zweierlei Weise ausführen:

1. Indem man den Druckunterschied an den beiden Elektroden durch Zusatz eines indifferenten Gases ausgleicht. (Gaskoncentrationsketten 1. Art oder solche ohne Niveauunterschied, Fig. 1.)

2. Indem man der Druckdifferenz durch eine Flüssigkeitssäule das Gleichgewicht hält. (Gaskoncentrationsketten 2. Art oder solche mit Niveaudifferenz, Fig. 2.)

Die elektromotorische Kraft dieser Elemente lässt sich leicht berechnen. Bei den Gaskoncentrationsketten erster Art ist die Änderung der freien Energie pro Grammäquivalent lediglich gegeben durch die Ausdehnungsarbeit des Gases vom Drucke p_1 auf den Druck p_2. Bezeichnet man also die Anzahl Atome in der Molekel mit n_1, die Anzahl der Ladungen pro Atom mit n_2,

so wird die elektromotorische Kraft eines Elementes erster Art:

$$E_1 = \frac{R\,T}{n_1\,n_2}\,ln\frac{p_1}{p_2},$$

$$E_1 = 0{,}862 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{T}{n_1\,n_2}\,ln\frac{p_1}{p_2}\ \text{Volt}.$$

Für die Gaskoncentrationsketten zweiter Art setzt sich die Änderung der freien Ener-

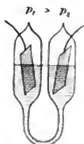


Fig. 1.

gie aus zwei Summaenden zusammen; erstens wiederum der Ausdehnungsarbeit E_1, zweitens einer Gravitationsarbeit E', welche darin besteht, dass für jeden Kubikcentimeter Gas, der unter dem Drucke p_1 unten verschwindet, ein Kubikcentimeter des Elektrolyten die Höhen-

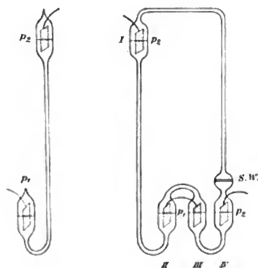


Fig. 2. Fig. 3.

differenz der beiden Flüssigkeitsspiegel durchfallen muss. Ist die Höhendifferenz h und das specifische Gewicht des Elektrolyten s, so wird

$$E' = 0{,}634 \cdot 10^{-5}\,\frac{T}{n_1\,n_2} \cdot \frac{s\,h}{p_1}\ \text{Volt}.$$

Wählt man den Elektrolyten so, dass die Dampfspannung desselben sehr klein ist, so wird:

$$sh = (p_1 - p_2) \cdot 13{,}596$$

und es ergiebt sich:

$$E' = 0{,}862 \cdot 10^{-4}\,\frac{T}{n_1\,n_2} \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_2}\ \text{Volt}.$$

Die elektromotorische Kraft einer Gaskoncentrationskette zweiter Art wird demnach:

$$E_1 + E' = E_2 = 0{,}862 \cdot 10^{-4}\left(ln\frac{p_1}{p_2} + \frac{p_1 - p_2}{p_2}\right)\ \text{Volt}.$$

Schaltet man eine Gaskoncentrationskette erster Art gegen eine solche zweiter Art, aber mit den gleichen Drucken p_1 und p_2, so heben sich die Ausdehnungsarbeiten heraus und wir erhalten eine galvanische Kombination, welche ein reines Gravitationselement darstellt und die elektromotorische Kraft E' hat. Dieses Fortfallen der Ausdehnungsarbeit kann man sich auf einfache Weise mit Hilfe einer halbdurchlässigen Wand realisiert denken, indem man die Kombination der Fig. 3 zu Grunde legt. Bei Stromentziehung wird in den Räumen II und IV Gas verschwinden, in I und III aber die gleiche Menge auftreten. Da II und III in Verbindung stehen, die Auflösung in II also durch die Abscheidung in III gerade aufgehoben wird, ebenso das in I abgeschiedene Gas sich durch die semipermeable Wand S. W. nach IV begeben kann, bleibt nur noch der Vorgang übrig, dass Flüssigkeit von I nach II fällt, durch deren Hebung alles wieder in den Ausgangszustand zurückgeführt wird.

Als Voraussetzungen liegen der Ableitung folgende Annahmen zu Grunde:

I. Gültigkeit der einfachen Gasgleichung $pv = RT$.

II. Die an Stelle der gesunkenen Flüssigkeitsmasse gehobene Gasmasse ist gegen erstere verschwindend. Für Wasserstoff und p_1 = Atmosphärendruck ist die dadurch bedingte Abweichung kleiner als $1/_{10000}$ des Wertes der E. M. K.

III. Der Massentransport durch die Überführungserscheinungen darf gegen den übrigen Massentransport vernachlässigt werden. Auch dies ist weitgehend der Fall, die dadurch bedingte Abweichung kann ausserdem durch Wahl eines Elektrolyten mit Anion und Kation von nahe gleicher Masse sehr verkleinert werden.

IV. Wie schon erwähnt, muss die Dampfspannung des Elektrolyten gegen p_1 klein sein, was sich ebenfalls leicht bewerkstelligen lässt.

Nimmt man auf diese Punkte in der Ableitung der Formeln Rücksicht, was nur für äusserst exakte Messungen notwendig ist, so hört die Einfachheit der Gleichungen völlig auf.

Es dürfte von Interesse sein, auf einige charakteristische Eigenschaften dieser neuen Art von Gravitationsketten hinzuweisen. Aus der Formel:

$$E' = 0{,}862 \cdot 10^{-4} \frac{T}{n_1 n_2} \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_1} \text{ Volt}$$

ergiebt sich, dass auch die der Schwerkraft ihren Ursprung verdankende E. M. K. nur von dem relativen Druckunterschied abhängig ist, weshalb man also durch Erhöhung der absoluten Druckdifferenz nichts erreicht und es deshalb schon um so weniger notwendig hat, sich in das Gebiet der stark komprimierten Gase zu begeben. (Voraussetzung I.) Ferner nähert sich mit der Abnahme von p_2 der Wert der E. M. K. einem Maximum, das vom Drucke überhaupt unabhängig ist, und bei welchem für Wasserstoff ($n_1 n_2 = 2$)

$$E'_{(max)} = 0{,}0125 \text{ Volt wird.}$$

Was die Übereinstimmung von Theorie und Erfahrung betrifft, so ergab sich für ein Gaskoncentrationselement zweiter Art:

$$E_2 \text{(gef.)} = 0{,}0050,$$

während sich aus den Daten des Versuchs: $h = 137$ cm, $s = 146$, $p_1 = 75$ cm, $T = 283$ E_2(ber.) $= 0{,}0027 + 0{,}0024 = 0{,}0051$ Volt ergiebt. Etwa die Hälfte der E. M. K. war in diesem Falle also durch die Gravitationswirkung bedingt.

Die untersuchten Gaskoncentrationsketten beiderlei Art erwiesen sich als äusserst polarisierbar, und vertragen durchaus keine dauernde Stromentnahme; trotzdem aber dürfte die eigenartige Weise, wie bei diesen Ketten die Mitwirkung der Schwerkraft zum Ausdruck kommt, wohl einiges Interesse verdienen.

Breslau, 5. Febr. 1900.

(Eingegangen 6. Febr. 1900)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Grundlagen und Aussichten der Stereochemie.

Von Edgar Wedekind.

(Fortsetzung.)

Unabhängig von diesen Spekulationen kam Le Bel zu folgenden Resultaten:

Durch Kombination des von Pasteur aufgestellten Princips mit den Entdeckungen der modernen Chemie wurde ein Mittel gefunden, um das Rotationsvermögen auf Grund der aufgelösten Formeln vorauszusehen.

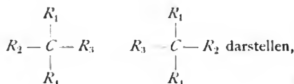
Dieses gipfelt in dem Satz, dass alle optisch-aktiven Körper ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthalten: alle scheinbaren Ausnahmen dieser Regel wurden bis in die neueste Zeit experimentell widerlegt. Die Asymmetrie der Molekeln — die Ursache des Rotationsvermögens und der Enantiomorphie der festen Krystalle — kann nur erzeugt werden durch die asymmetrische Verteilung von vier Atomen oder Radikalen an einem einzigen Kohlenstoffatom und diese Asymmetrie wird notwendigerweise auftreten, wenn diese vier Radikale verschieden sind, gleichgiltig, welches die geometrische Form der Molekel ist, vorausgesetzt, dass letztere überhaupt eine **beständige** ist, d. h., dass sie eine gewisse innere Stabilität besitzt.

Die den Enantiomorphismus aktiver Körper bedingenden Flächen zeigen gewissermassen eine spiralförmige Anordnung in Bezug auf die Hauptaxe des Krystalls; mit einer derartigen Anordnung ist wahrscheinlich eine entsprechende asymmetrische Anordnung der Molekeln verbunden, wodurch die Cirkularpolarisation des durch das Medium hindurchgegangenen polarisierten Lichtstrahles bedingt ist; auch auf künstlichem Wege sind cirkularpolarisierende Medien hergestellt durch schraubenförmig übereinander geschichtete Glimmerlamellen.[1])

Le Bel hat später in der Revue scientifique folgende Sätze aufgestellt, 1) Der unsymmetrische Kohlenstoff oder der unsymmetrische Stickstoff entspricht der optischen Aktivität; 2) das Rotationsvermögen verschwindet, wenn zwei Radikale des unsymmetrischen Kohlenstoffs oder Stickstoffs gleich werden; 3) es gelingt immer, durch die Kultur von Schimmelpilzen und Bakterien bei inaktiven Substanzen mit asymmetrischem Kohlenstoff das Drehungsvermögen zu erzeugen, resp. die Isomerie zu erweisen; bei den Stickstoffverbindungen gelingt der Nachweis des Drehungsvermögens, wenn die Molekel durch die Bindung des Stickstoffatoms mit vier kohlenstoffhaltigen Radikalen genügende Beständigkeit erlangt hat.

1) Wyrouboff, Ann. chim. phys. (48, 609) (6) III, 340.

Die Stereoisomerie, die durch die Gegenwart eines asymmetrischen Kohlenstoffatoms hervorgerufen wird, lässt sich schematisch durch folgende Figuren

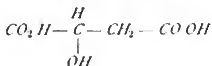


die bei Gleichheit der Radikale R_3 und R_4 identisch werden; plausibler wird sie jedoch durch die räumliche Vorstellung von Spiegelbild-Tetraëdern.

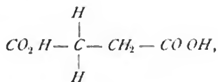
Diese können bei Gleichheit von R_3 und R_4 miteinander zur Deckung gebracht werden.

Sämtliche physikalische Eigenschaften, die auf molekulare Dimensionen und Attraktionen zurückgeführt werden können, sind bei den beiden isomeren Formen identisch, also specifisches Gewicht, Siedepunkt, Schmelzpunkt, lat. Schmelz- und Dampfwärme u. s. w., ebenso sind die Löslichkeit und das chemische Verhalten gleich, der Unterschied drückt sich auf Grund der vorhandenen Asymmetrie allein physikalisch durch die entgegengesetzte optische Aktivität aus.

Das thatsächliche Zusammentreffen der optischen Isomerie mit dem Vorhandensein eines asymmetrischen Kohlenstoffatoms ist durch eine grosse Reihe von experimentellen Daten bewiesen worden: in derartigen Körpern verschwindet die Aktivität, wenn durch chemische Eingriffe die Dyssymmetrie aufgehoben wird, z. B. beim Übergang der Äpfelsäure



in Bernsteinsäure

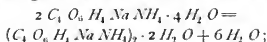


ebenso ist die Oxalsäure aus aktivem Zucker oder aktiver Weinsäure inaktiv.

Scheinbar schwieriger stellt sich das umgekehrte Problem; es giebt nämlich eine Anzahl von Körpern, die nachgewiesenermassen asymmetrischen Kohlenstoff enthalten und dennoch kein Rotationsvermögen äussern.

Derartige Verbindungen können entweder spaltbar in ihre optischen Antipoden sein oder nicht; der spaltbare Typus ist entstanden zu denken durch den gleichzeitigen Verlauf der Reaktion in zwei Richtungen, wodurch ein gleichmässiges Gemenge der Antipoden von entgegengesetztem, aber gleichem Drehungsvermögen gebildet wird. Das auf diese Weise kompensierte Gemisch lässt sich jedoch wegen der Übereinstimmung in den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Bestandteile nur durch specielle Methoden zerlegen, und zwar nur in seltenen Fällen durch spontane Spaltung, meistens durch Anwendung optischaktiver Verbindungen und darauf folgende fraktionierte Krystallisation oder unter Mitwirkung von Mikroorganismen, welche, da sie selbst aus asymmetrischen Stoffen aufgebaut sind, zunächst eine der vorhandenen Komponenten verzehren.

Die inaktive Verbindung kann entweder ein mechanisches Gemenge sein, das mit Ausnahme der optischen Eigenschaften den ursprünglichen Körpern vollkommen gleich ist oder eine wahre racemische Verbindung, welche sich im Schmelzpunkt, Siedepunkt u. s. w. von den optischen Isomeren unterscheidet. Die Bildung der einen oder der anderen Art hängt von der **Umwandlungstemperatur** ab; so erhält man durch Verdampfung von inaktiven weinsauren Salzen entweder die (racemischen) traubensauren Salze oder ein Gemenge der Tartrate, je nachdem die Krystallisation oberhalb oder unterhalb der gegen 28° gelegenen Grenztemperatur stattfindet. Dieses merkwürdige Phänomen lässt sich auch ausserhalb der Lösung beobachten: das Gemenge der beiden Natriumammonium-Tartrate verliert, etwas über 27° erhitzt, einen Teil des Krystallwassers und geht quantitativ im Sinne folgender Gleichung in das selbständige Racemat über:



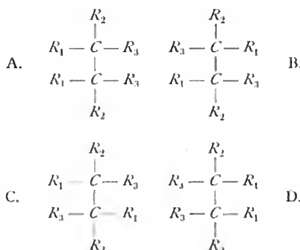
$$2\,C_4\,O_6\,H_4\,Na\,NH_4 \cdot 4\,H_2\,O = (C_4\,O_6\,H_4\,Na\,NH_4)_2 \cdot 2\,H_2\,O + 6\,H_2\,O;$$

während unterhalb dieser Temperatur das entgegengesetzte stattfindet.

Aus diesen interessanten Beobachtungen erklärt sich auch, warum künstlich aus symmetrischen Bausteinen aufgebaute Verbindungen des asymmetrischen Kohlenstoffs durchweg inaktiv sind: die Bildungsmöglichkeit und Geschwindigkeit beider Isomeren ist unter Laboratoriumsbedingungen eine gleichberechtigte und daher ist das entstandene Produkt optisch kompensiert. Ganz anders bei der Genesis asymmetrischer Substanzen im Organismus, welche unter asymmetrischen Bildungsverhältnissen verläuft und daher in die vorherrschende Schraubenrichtung gedrängt wird. Dies erweist sich durch die direkte Bildung aktiver Substanzen im Organismus, welcher seinerseits zum grossen Teil aus aktivem Material aufgebaut ist: so formt die Pflanze aus Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und Nitraten die zahlreichen bekannten aktiven

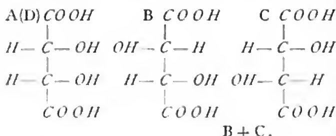
Verbindungen, die Alkaloïde, Terpene und Kohlehydrate.

Es erübrigt noch demjenigen inaktiven Typus gerecht zu werden, welcher nicht spaltbar ist, d. h. durch keine specielle Methoden in aktive Komponenten zerlegt werden kann. In diesem Falle findet die optische Kompensation nicht mittelst zweier entgegengesetzter Moleküle statt, sondern innerhalb eines Moleküls, welches zwei gleichartige asymmetrische Kohlenstoffatome enthält. Ein derartiges Gebilde kann durch folgende vier Symbole allgemein ausgedrückt werden:



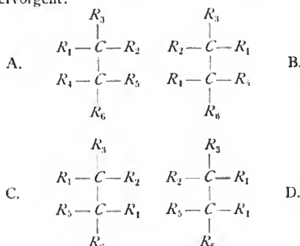
Von diesen sind A und D identisch, da jede Konfiguration durch eine Drehung um 180° im Sinne des Uhrzeigers umgeklappt werden und mit der anderen zur Deckung gebracht werden kann; diese Konfiguration ist somit symmetrisch angeordnet und daher nicht zur Aktivität befähigt. Hingegen sind B und C asymmetrische Spiegelbilder und optische Antipoden, welche als racemisches Gemenge den spaltbaren inaktiven Typus darstellen.

Verwirklicht finden wir diese Symbole in den vier Weinsäuren



A (D) ist die nicht spaltbare inaktive Mesoweinsäure, B und C sind die Rechts- bezw. Linksweinsäuren, B + C die inaktive, spaltbare Traubensäure.

Etwas komplizierter liegen die Verhältnisse, wenn die beiden asymmetrischen Atome ungleichartig sind, wie aus folgenden Symbolen hervorgeht:



A und D, sowie B und C sind Spiegelbilder, wie bei der Stereoisomerie an einem asymmetrischen Kohlenstoffatom; das Vorhandensein eines zweiten asymmetrischen Atoms giebt sich erst durch die Existenz eines zweiten Typus kund, der ebenfalls als Paar vorhanden dem ersten aber in Bezug auf Aktivität, Schmelzpunkt, Löslichkeit u. s. w. ungleich ist.

(Schluss folgt.)

Personalien.

Der Professor an der Bergakademie in Clausthal Dr. Sommerfeld, wurde als o. Professor für Mechanik an die Technische Hochschule in Aachen berufen.

An der Technischen Hochschule in Stuttgart haben sich als Privatdocenten habilitiert: Regierungs-Bauführer Max Ensslin für Wärmemotoren und Anwendung der Elasticitäts- und Festigkeitslehre, und Dr. Julius Schmidt, Assistent am chemisch-technischen Laboratorium der Hochschule für Chemie.

Der Professor der Physik und Mathematik an der Universität Jena Hermann Schäffer, ist im Alter von 76 Jahren gestorben.

Der o. Professor der Chemie an der Universität Jena Dr. Knorr, ist in gleicher Eigenschaft an die Universität Freiburg i. B. berufen, wird dem Rufe aber nicht Folge leisten.

Dr. August Gutzmer, a. o. Professor für angewandte Mathematik an der Universität Jena, ist zum o. Professor in der philosophischen Fakultät ernannt worden.

Hughes, der berühmte Erfinder des nach ihm benannten Telegraphen und des Mikrophons, ist, 69 Jahre alt, in Amerika gestorben. Er war in Wales geboren, wanderte aber schon in früher Jugend nach den Vereinigten Staaten aus.

Der o. Professor der Meteorologie an der Universität Graz Dr. Julius Hann, ist zum o. Professor der kosmischen Physik an der Universität in Wien ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 24. Februar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die specifische Wärme von Lösungen, die keine Elektrolyte sind.[1])

Von William Francis Magie.

Wir wollen eine Lösung betrachten, welche in einem Gefässe von veränderlichem Volumen mit einer halbdurchlässigen Wand enthalten ist. Wir können in folgender Weise einen Kreisprozess mit derselben durchlaufen denken:

1. Man drückt die Lösung zusammen und treibt eine bestimmte Menge des gelösten Körpers durch die halbdurchlässige Wand und hält dabei die Temperatur konstant, indem man die durch das Zusammenpressen hervorgebrachte Wärme entfernt; 2. man verringert die Temperatur der Lösung und des ausgetriebenen gelösten Körpers um einen sehr kleinen Betrag; 3. man lässt den gelösten Körper durch die halbdurchlässige Wand wieder in die Lösung eindringen und hält dabei die Temperatur konstant, indem man die nötige Wärme zuführt; 4. man steigert die Temperatur der Lösung wieder auf ihren Anfangswert.

Dieser Kreisprozess, obgleich kein einfacher Carnot'scher, ist doch vollständig reversibel. Wir bilden daher die Gleichung der Energie und Entropie für ihn unter der Bedingung, dass die Temperaturveränderung gering ist. Indem wir aus diesen Gleichungen die Teile, welche die specifische Wärme enthalten, eliminieren, erhalten wir eine allgemeine Beziehung zwischen der latenten Ausdehnungswärme[2]) und dem osmotischen Druck.

In dem besonderen Fall, welchen Nicht-Elektrolyte darbieten, bei denen der osmotische Druck der absoluten Temperatur proportional ist, ist, wie bei Gasen, die latente Ausdehnungswärme dem osmotischen Drucke gleich. Ferner zeigt es sich, dass, wenn diese Bedingungen erfüllt sind, die specifische Wärme s' der Lösung von der specifischen Wärme des Lösungsmittels und der gelösten Substanz abhängt nach der Formel

$$(M + m)\,s' = s\,M + \sigma\,m,$$

wo M und m die Massen, s und σ die specifischen Wärmen des Lösungsmittels und der gelösten Substanz sind. Wenn m das Grammmolekül des gelösten Körpers ist, so ist das Produkt $\sigma\,m$ die scheinbare Molekularwärme der gelösten Substanz in der Lösung. Nach dem oben abgeleiteten Satze müsste dieselbe für alle Konzentrationen, für welche das einfache Gesetz des osmotischen Druckes gilt, konstant sein.

Um diese Schlussfolgerung zu prüfen, wurden die specifischen Wärmen von mehreren Nicht-Elektrolyten in Lösungen von verschiedenen Konzentrationen bestimmt. Die angewandte Methode war eine Abänderung der Pfaundlerschen, welche in diesem Fall besondere Vorteile bietet. In fast allen Fällen war die scheinbare molekulare Wärme des gelösten Körpers konstant. Als Beispiel für die erhaltenen Resultate mögen die für eine Lösung von Rohrzucker in Wasser erhaltenen Zahlen mitgeteilt werden:

N	s' beobachtet	s' berechnet	Molekularwärme
50	0.8479	0.8475	153·1
100	0.9115	0.9116	152·5
150	0.9375	0.9377	152·0
250	0.9609	0.9609	152·7

Die Zahlen in der ersten Reihe bezeichnen die Anzahl von Grammmolekülen des Lösungsmittels, welche ein Grammmolekül des gelösten Körpers enthält. Die specifischen Wärmen in der dritten Reihe wurden nach der durch Einsetzen des Mittelwertes 152.6 der molekularen Wärme bestimmten Formel berechnet.

Ähnliche Konstanz der Molekularwärme wurde bei den in der folgenden Tabelle dargestellten Fällen beobachtet.

1) Ausführlich in Phys. Rev. 9, 1899.

2) Wenn mit $\mu_0\,dv$ die Wärme bezeichnet wird, die man wegnehmen muss, um während einer Volumverminderung um dv die Temperatur konstant zu halten, so kann μ_0 die latente Ausdehnungswärme genannt werden.

Gelöster Körper	Lösungsmittel	mittlere molekulare Wärme
Rohrzucker	Wasser	152.6
Dextrose	"	78.8
Glycerin	"	54.1
Mannit [1])	"	112
Harnstoff	"	21
Aretamid	"	34.5
Wasser [2])	Anilin	34.9
Harnstoff	Äthylalkohol	28.1

Lösungen, in denen die Molekularwärmen nicht konstant waren, sind die von Äthylalkohol in Wasser, Glycerin in Anilin und Glycerin in Äthylalkohol.

Das Resultat für Wasser in Anilin, wonach die specifische Wärme des Wassers fast oder genau gleich 2 ist, sowie für Harnstoff in Wasser und Alkohol ist bemerkenswert, indem es zeigt, dass die specifische Wärme des gelösten Körpers nicht unabhängig von dem Lösungsmittel ist.

Physikalisches Laboratorium
der Princeton University, Vereinigte Staaten.

1) Fortgesetzte Untersuchungen haben gezeigt, dass der Wert für Mannit 108 ist.

2) Der Wert für Wasser ist wahrscheinlicher 36.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen 6. Febr. 1900.)

Die Wirkung einer Magnetisierung auf die Elasticität von Stäben.[1])

Von J. S. Stevens und H. G. Dorsey.

Die Wirkung einer Magnetisierung auf die Elasticität von Stäben ist im Physikalischen Institute der Cornell-Universität untersucht worden. Die dort ausgeführten Messungen waren ausschliesslich qualitativer Art und hatten zu dem Resultate geführt, dass, wenn überhaupt eine durch Magnetisierung hervorgerufene Wirkung vorhanden ist, diese zu klein war, um mit Bestimmtheit durch jenen Versuch festgestellt werden zu können.

Der hier beschriebene Versuch ist einer aus der Reihe, welche im Physikalischen Laboratorium der Universität Maine ausgeführt wurden, und welche als allgemeinen Zweck das Studium der Wirkungen einer Magnetisierung auf die verschiedenen Arten der Elasticität hatten. Im vorliegenden Falle wurde die Elasticität der Biegung ins Auge gefasst. Eine Reihe sorgfältig präparierter Stäbe, deren Dimensionen $60 \times 1 \times 0{,}6$ cm waren, wurden der Reihe nach in der bei der Bestimmung des Elasticitätsmodulus üblichen Weise auf justierbare Stahlschneiden aufgelegt, in Punkten, die 3,2 cm von ihren Enden entfernt waren.

1) Ausführlich in Phys. Rev. 9, S. 116, 1899.

Die die Biegung verursachende Last war an einem in der Mitte des Stabes befestigten Haken aufgehängt; einer der Spiegel eines Michelsonschen Interferometers war an der oberen Fläche des Stabes angebracht. Als Lichtquelle wurde eine Natriumflamme benutzt. Waren die Interferenzstreifen gefunden, so bewirkte eine Bewegung des Stabes in senkrechter Richtung eine entsprechende Verschiebung dieser Streifen. Der Stab war zunächst von einem Luftzwischenraum, dann einer Kammer umgeben, die von einem Wasserstrom durchflossen wurde, an der Aussenseite schliesslich waren zwei Drahtspulen angebracht, deren jede einen Widerstand von 54,4 Ohm hatte.

Eine grosse Fehlerquelle, die vermieden werden musste, war die Wirkung der Wärme auf den Elasticitätsmodul. Aus folgenden Gründen scheint uns hervorzugehen, dass diese Fehlerquelle bei unseren Versuchen ausgeschaltet war: 1) Ein Wasserstrom wurde durch die Kammer zwischen den Drahtspulen und dem Stab hindurch geschickt; 2) ein Thermometer, welches noch hundertstel Grade zu schätzen gestattete, fand in dem Luftraum inmitten der Drahtrollen Platz und zeigte während der Versuche keine Änderung; 3) ein Kupferstab von den Dimensionen der Versuchsstäbe zeigte keine Bewegung der Interferenzstreifen, wenn der Strom geschlossen war; 4) die Streifen kehrten sofort in ihre Anfangslage zurück, wenn der Strom unterbrochen wurde.

Die Schwierigkeiten, welche auftraten, bestanden hauptsächlich darin, schnell deutlich ausgebildete Interferenzstreifen zu finden, dann Bewegungen des Stabes, veranlasst durch äussere Erschütterungen, zu beseitigen; und endlich einen bestimmten Streifen festzuhalten, wenn homogenes Licht verwandt wurde.

Folgendes sind die Daten des Versuchs:

Länge der magnetisierenden Spirale .	53,0 cm
Zahl der Drahtlagen	9,6 „
Zahl der Drahtwindungen	7026.
Minimum des Stromes	c. 12 Amp.
Maximum „ „	c. 82 „
Zahl der Wickelungen pro cm	132.

Bei dem Stahlstabe mit der Belastung von 1 kg wurde der Strom von 0,46—0,75 Ampères variiert; die magnetisierende Kraft von 77,5 bis 124,5 c. g. s. Einheiten; und die entsprechende Verschiebung in Wellenlängen war 0,06—0,63. Für denselben Stab mit $\frac{1}{2}$ kg Belastung und mit Strom und magnetisierender Kraft von ungefähr derselben Ordnung änderten sich die Verschiebungen zwischen 0,06 und 0,50 Wellenlängen. Bei einem schmiedeeisernen Stabe mit einer Belastung von 1 kg und einer magnetisieren-

den Kraft von 19,9—89,7 lagen die Verschiebungen zwischen 0,08—0,48; mit einer Belastung von $\frac{1}{2}$ kg und einer etwas grösseren magnetisierenden Kraft zwischen 0,20—0,88 Wellenlängen.

Diese Messungen konnten nicht als besonders genau gelten, aber es lassen sich doch folgende Schlüsse daraus ziehen:

a) Der Elasticitätsmodul von Schmiedeeisen und Stahl wächst mit der Magnetisierung.

b) Bei Stahlstäben wurden bei den Belastungen mit 1 und $\frac{1}{2}$ kg kleine Unterschiede beobachtet; bei Schmiedeeisen gab die kleinere Belastung die grössere Verschiebung, wenn gleiche magnetisierende Kräfte verwendet wurden.

University of Maine.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

(Eingegangen 6. Febr. 1900.)

Eine Neubestimmung elektrischer Einheiten mittels eines absoluten Elektrodynamometers.[1])

Von Karl E. Guthe.

In den beiden vorliegenden Arbeiten hatten wir uns die Aufgabe gestellt, das elektrochemische Silberäquivalent und die elektromotorische Kraft des Clarkelementes mittels einer Methode zu bestimmen, die noch nicht für absolute Messungen angewandt war. Während in früheren Arbeiten der Wert der Schwerkraft oder der Horizontalintensität des Erdmagnetismus in Rechnung gezogen werden musste, verglichen wir das Torsionsmoment, welches durch die Einwirkung der beiden Rollen eines von einem Strome durchflossenen Elektrodynamometers hervorgerufen wurde, mit dem Moment des Aufhängedrahtes, wenn letzterer um 360° tordiert wurde. Die Messung der Torsion wurde in einfachster Weise mittels Fernrohr und Skala und eines am Torsionskopfe angebrachten Spiegels ausgeführt, wodurch es leicht möglich war, eine ganze Umdrehung mit grosser Genauigkeit zu bestimmen. Der störend auftretende Einfluss der elastischen Nachwirkung wurde durch folgende einfache Manipulation grösstenteils beseitigt. Es zeigte sich nämlich, dass die an und für sich äusserst geringe Nachwirkung des „Phosphorbroncedrahtes" nur langsam verschwand. Daher wurde der Draht erst eine Zeit lang tordiert, dann in rascher Aufeinanderfolge der Nullpunkt der beweglichen Rolle, die Stromstärke und dann wieder der Nullpunkt bestimmt. Die Zeit für eine Beobachtungsreihe nahm nur wenige Minuten in Anspruch und kaum nennenswerte Variationen des Nullpunktes traten auf. Der Torsionskoefficient des Drahtes war durch genaue Bestimmung der Schwingungszeit ermittelt worden, wenn an seinem unteren Ende ein Messingcylinder (Z) von bekanntem Gewicht und Dimensionen befestigt war.

In beiden Elektrodynamometerrollen verhielt sich die Länge zum Halbmesser wie $\sqrt{3}$ zu 1, wodurch der Durchschnittswert des Feldes innerhalb der beweglichen Spule auf den in der Mitte der festen Spule vorhandenen reduziert wurde.[1]) Die feste Spule bestand aus einer einfachen Lage von 576 Windungen mit einem Durchmesser von 48,118 cm, während ein flaches Kupferband von 45 Windungen und 10,0187 cm Durchmesser die bewegliche Spule bildete.

Bezeichnen wir mit D und L den Durchmesser und die Länge der festen Rolle, mit N und n die Windungszahl der beiden Rollen, mit d und r den Durchmesser und den Radius der beweglichen Rolle, so ist die Feldstärke in der Mitte der festen Spule, wenn das Instrument vom Strome I durchflossen wird,

$$H = \frac{4\pi N}{\sqrt{D^2 + L^2}} I; \tag{1}$$

und das Torsionsmoment

$$w' = \frac{\pi^2 N n d^2}{\sqrt{D^2 + L^2}}, \tag{2}$$

gegen welches das Torsionsmoment des um 2π tordierten Drahtes wirkt,

$$2\pi w = \frac{8\pi^3 K}{T^2}, \tag{3}$$

wo T die Schwingungsdauer des Systems (Z), K dessen Trägheitsmoment bedeutet. Sonit wird

$$I = \frac{1}{T\pi}\sqrt{\frac{2\pi K \sqrt{D^2 + L^2}}{N n}}, \tag{4}$$

welches für unser Instrument einen Wert von nahezu einem Ampère ergab.

Es wurde nun dieser Strom durch einen Manganinwiderstand gesandt, und die Potentialdifferenz an den Enden dieses Widerstandes relativ mittels einer modificierten Potentiometermethode bestimmt. Dann wurde der Silber abscheidende Strom durch denselben Manganinwiderstand gesandt und so eine Vergleichung mit dem ersten Strom möglich gemacht.

Umstehende Figur zeigt die Anordnung. P und P' sind zwei Widerstandskästen, deren Summe konstant erhalten wurde (10000 Ω) und durch welche der Strom von den Sekundärelementen BBB floss. Die Potentialdifferenz an den Enden von P wurde gegen die E. M. K.

1) Patterson and Guthe, A redetermination of the electrochemical equivalent of silver, Physical Review 7, S. 257, 1898. — F. Carhart and Guthe, An absolute determination of the E. M. F. of the Clark Cell, Physical Review 9, S. 288, 1899, mit Zus. des Verf.

1) Gray, Phil. Mag. 33, S. 62.

zweier Carhart-Clarkelemente (cc) abgeglichen, (E); dazu waren in P R_1 Ohm erforderlich, und für die Potentialdifferenz an den Enden des vom Strome I durchflossenen Widerstandes (R_m) R_2 Ohm. Dies wurde für den Silber abscheidenden Strom (I') wiederholt. Die Widerstände in P mögen in diesem Falle mit R'_1 und R'_2 bezeichnet werden. Dann ergeben sich die Gleichungen

(5) $$I = \frac{R_2}{R_1} \frac{E}{R_m}$$

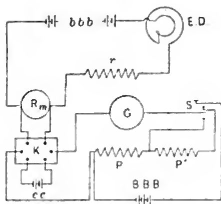
und

(6) $$I' = \frac{R_2'}{R_1'} \frac{E}{R_m}$$

und wenn q die Masse des in der Zeit t abgeschiedenen Silbers beträgt, und z das elektrochemische Silberäquivalent,

(7) $$z = \frac{q}{It} \frac{R_1' R_2}{R_1 R_2'}.$$

Die Kenntnis der absoluten Werte für die E. M. K. der Normalelemente und des Manganinwider-



standes war also in diesem Falle nicht erforderlich.

In der zweiten Arbeit wurde die E. M. K. von zwei Clarkelementen direkt mit der durch einen Strom I hervorgerufenen Potentialdifferenz verglichen. Hier wurde Gleichung (5) allein angewandt, doch musste der Widerstand R_m genau bekannt sein.

1. Elektrochemisches Silberäquivalent.

Die Silbervoltameter bestanden aus grossen Platinschalen als Kathoden und chemisch reinen Silberscheiben als Anoden in einer 15 prozentigen Lösung von $AgNO_3$. Die letztere war mit Ag_2O behandelt, um konstante Werte erhalten zu können. Dadurch fällt der Silberniederschlag grösser aus als bei der gebräuchlichen Behandlung. Im übrigen folgten wir den bekannten Vorschriften für die Benutzung des Silbervoltameters. Unser Resultat für das elektrochemische Äquivalent des Silbers ist

$$z = 0{,}0011192 \text{ gm per Coulomb.}$$

Eine Vergleichung unseres Wertes mit früheren ist kürzlich durch eine genaue Untersuchung von Th. W. Richards[1]) möglich gemacht. Er reduziert die Bestimmungen verschiedener Beobachter auf einander, indem er für alle dieselbe Behandlungsweise des Voltameters voraussetzt, nämlich die, die er für die geeignetste hält, und berechnet folgende Werte:

Lord Rayleigh und Mrs. Lidgwick

$$\frac{0{,}0011179}{1.00082} = 0{,}0011170 \text{ gm},$$

Fr. und W. Kohlrausch

$$\frac{0{,}0011183}{1.00082} = 0{,}0011174 \text{ gm},$$

K. Kahle (frische Lösung)

$$\frac{0{,}0011182}{1.00082} = 0{,}0011173 \text{ gm},$$

Patterson und Guthe

$$\frac{0{,}0011192}{1.00203} = 0{,}0011174 \text{ gm}.$$

2. Elektromotorische Kraft des Clarkelementes.

Die beiden benutzten Clarkelemente waren von Professor Carhart nach den gesetzlichen Vorschriften im Herbst 1897 und 1898 hergestellt und ihre E. M. K. zeigte einen Unterschied von weniger als 0,01 Proz. Der Manganinwiderstand war sorgfältig mit zwei von der Reichsanstalt geprüften Normalwiderständen verglichen. Das Resultat unserer Messungen ergab für die E. M. K. der Clarkelemente

$$E = 1.4333 \text{ Volt bei } 15^0 \text{ C.},$$

während Kahle 1.4328 gefunden hatte.

Dasjenige der beiden Elemente, welches die etwas höhere E. M. K. besass, ist inzwischen von Professor Carhart mit den Berliner Normalelementen verglichen worden, und es zeigte sich, dass ihre E. M. K. um 0,005 Proz. höher ist als der Durchschnittswert der Berliner Normalen.

Diese gute Uebereinstimmung der Versuche in Berlin und in Ann Arbor scheint es zu rechtfertigen, die E. K. M. eines Clarkelementes als 1,433 Volt für 15° C. festzusetzen.

Ann Arbor, Mich., 27. Jan. 1900.

1) Th. W. Richards, E. Collins und G. W. Heimrod, Proc. of the Am. Acad. of Arts and Sciences, vol. 35, S. 147, Dec. 1899.

(Eingegangen 9. Febr. 1900.)

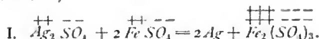
Zur Frage nach dem Gewichte der Elektrons.

Von Robert v. Lieben.

Angeregt durch die Bemerkungen über das Elektron,[1]) die Herr Prof. Nernst in seiner allgemeinen Vorlesung[2]) machte, wurde ich zu der Frage geführt, ob die Masse des Elektrons nicht noch auf andere Art, als einzig durch die bisherigen Versuche an Kathodenstrahlen[3]) nachweisbar wäre. Zunächst liesse sich bei Anhäufung von Elektrons auf einem Körper, also bei Ladung z. B. einer isolierten Kugel, eine Gewichtsänderung voraussehen; diese bliebe jedoch, wie eine einfache Rechnung ergiebt, bei darstellbaren Versuchsbedingungen weit unter der Empfindlichkeit unserer Wagen, so dass eine derartige Anordnung keinerlei Resultat verspricht. Weit anders stehen die Verhältnisse bei einem Prozesse, wo Ionen im Spiele sind. Denn hier verschafft uns eine starke Dissociation ungleich grössere Elektricitätsmengen, als wir sie je durch Aufladen eines Körpers von demselben Gewichte wie der gespaltene erhalten könnten.

Demgemäss dürfen wir auch bei diesen Prozessen (nach Berücksichtigung des aus den Kathodenstrahlenversuchen gefundenen Gewichtes von 1 Mol Elektron)[4]) mit der Wage nachweisbare Gewichtsänderungen erhoffen. Herrn Prof. Nernst verdanke ich den Hinweis auf die Wägungen Landolts,[5]) die in folgendem nach dieser Richtung kurz besprochen werden sollen. Vorausgeschickt sei jedoch, dass die von Landolt untersuchten Reaktionen sämtlich komplicierterer Natur sind, so dass der Grad der Spaltung des Gemisches vor und nach der Reaktion bloss beiläufig geschätzt werden kann. Überdies haben die von ihm untersuchten Körper sehr hohes Molekulargewicht, so dass bei den geringen Mengen des Reaktionsgemisches auch die etwaigen Gewichtsänderungen relativ äusserst gering ausfallen mussten, und man daher beim vorhandenen Empfindlichkeitsgrad seiner Wagen quantitativ keine Schlüsse zu ziehen vermag. Nachstehend folgt die qualitative Betrachtung der von ihm untersuchten Reaktionen, die sämtlich in wässriger Lösung verlaufen.

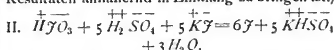
(Verwendete Menge Wasser etwa 500 bis 1000 cm.[3])



$$\text{I.}\quad \overset{++\;--}{Ag_2\,SO_4} + 2\,\overset{++\;--}{Fe\,SO_4} = 2\,Ag + \overset{+++\;---}{Fe_2\,(SO_4)_3}.$$

Die beobachtete Gewichtsabnahme des gesamten Reaktionsgemisches nach der Reaktion betrug im Mittel (aus 3 Wägungen) 0,142 mg.

Aus der Reaktionsgleichung allein ist hier keine Abnahme der Ladungen zu ersehen, da das Eisen seine Wertigkeit ändert, trotzdem muss eine solche aus der wahrscheinlichen Zurückdrängung der Gesamtdissociation erwartet werden und mit ihr, wenn die Elektrons Gewicht haben, auch eine Abnahme des Gesamtgewichtes der reagierenden Körper. (Für die möglichen Grenzen der Dissociationsschwankung des $Fe_2\,(SO_4)_3$ von 0–100% würde sich aus den zur Reaktion angewendeten Mengen und den vorhandenen Ladungen eine Schwankung der Gesamtladung von 0–2,18 Mol Elektron berechnen, welcher Grenzwert mit den folgenden Resultaten annähernd in Einklang zu bringen ist.)



$$\text{II.}\quad \overset{+\;-}{HJO_3} + 5\,\overset{++\;--}{H_2\,SO_4} + 5\,\overset{+\;-}{KJ} = 6J + 5\,\overset{++\;--}{KHSO_4} + 3\,H_2O.$$

Nachstehend sind die beobachteten Gewichtsabnahmen bei 3 Wägungen und verschiedenen Mengen ausgeschiedenen Jods angegeben. (Es sind dies die Mittelwerte aus ziemlich gut übereinstimmenden Angaben; nur bei der 3. Wägung erscheint die Abnahme von 0,011 mg, als weit ausser 5 analogen Beobachtungen stehend, fraglich und ist in der Tabelle vorläufig nicht mit berücksichtigt.) Die Beziehungen auf 1 Mol Jod resp. 1 Mol Elektron geben in der Tabelle jene Gewichtsabnahmen an, die man aus den beobachteten zu erwarten hätte, falls 1 Mol Jod abgeschieden resp. 1 Mol Elektron verschwinden würde. (Vorausgesetzt ist hierbei, dass das + wie das — Elektron[1]) gleiches und positives Gewicht haben. Danach, und aus der Gleichung hätte man hier zu folgern, dass bei der Ausscheidung von 1 Mol Jod stets 2 Mol Elektron verschwänden; diese Auffassung ist auch in die Tabelle eingeführt.)

Von Landolt beobachtete Gewichtsabnahme	Jeweilig abgeschied. J.	Die beobacht. Gewichtsabn. bez. a. 1 M. J.	bez. a. 1 M. El.
1. Wägung: 0,081 mg	64,9 g	0,158 mg	0,079 mg
2. Wägung: 0,103 mg	80,0 g	0,163 mg	0,082 mg
3. Wägung: 0,177 mg [u. 0,011 mg] [2])	160,0 g	0,140 mg	0,070 mg
			Mittel 0,077 mg

1) Vgl. W. Nernst, Theoretische Chem. S. 347 u. 643, 1898.

2) Über theoretische Chem. (Molekulartheorie, Verwandtschaftslehre)

3) J. J. Thomson, Phil. Mag. 44. S. 293, 1897; Ph. Lenard, Wied. Ann. 56. S. 255. 1895, u. Wied. Ann. 64. S. 279, 1898; W. Kaufmann, Wied. Ann 61. S. 544, 1897; W. Kaufmann u. E. Aschkinass, Wied. Ann. 62. S. 591, 1897; W. Kaufmann, Wied. Ann. 62. S. 596, 1897 u. Wied. Ann. 65. S. 431, 1898 u. Wied. Ann. 66. S. 649, 1898 u. 69. S. 95, 1899; A. Schuster, Wied. Ann. 65. S. 877, 1898; S. Simon, Wied. Ann. 69. S. 589, 1899.

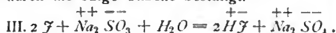
4) Nach W. Kaufmann betrüge es 0,00053 *H*, wäre also 0,53 *mg*; vgl. Wied. Ann. 69. S. 118, 1899.

5) Untersuchungen über etwaige Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper, von H. Landolt. Zeitschr. f. phys. Ch. 12. S. 1, 1893.

1) Das unter 4) angegebene Gewicht ist bisher nur für die — Elektrons der Kathodenstrahlen bestimmbar.

2) [0,011 mg] ist in der Tabelle nicht berücksichtigt.

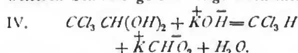
Nimmt man auf den beiden Seiten der Reaktionsgleichung annähernd gleiche Dissociation an, so würde schon aus der Gleichung Proportionalität der Gewichtsabnahme mit Zunahme des ausgeschiedenen Jods folgen (da 6⊕ und 6⊖ verschwinden, wobei 6 Jod abgeschieden werden). Diese Vermutung wird annähernd durch die obige Tabelle bestätigt.



III. $2J + \overset{++}{Na_2}\,\overset{--}{SO_3} + H_2O = 2\overset{+}{H}\overset{-}{J} + \overset{++}{Na_2}\,\overset{--}{SO_4}$.

Auf beiden Seiten gleichen Dissociationsgrad angenommen, müsste aus der Reaktionsgleichung und nach den angewandten Mengen Jod eine entsprechende Zunahme von etwa 1,5 Mol Elektron erfolgen. In der That ist dies die einzige Reaktion Landolts, wo er 2mal Gewichtszunahme findet, während bei allen früheren Wägungen (I. und II.) stets Abnahmen auftraten.

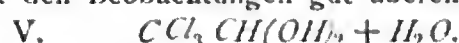
Seine Angaben stimmen aber bei dieser Reaktion (III.), unter völlig gleichen Versuchsbedingungen, so wenig überein, dass keine weiteren Schlüsse gerechtfertigt erscheinen.



IV. $CCl_3\,CH(OH)_2 + \overset{+}{K}O\overset{-}{H} = CCl_3\,H + \overset{+}{K}CH\overset{-}{O_2} + H_2O.$

Die beobachteten Gewichtsänderungen betrugen im Mittel + 0,010 mg und liegen völlig innerhalb der Grenzen der Wägungsfehler; da sie überdies einmal positiv und einmal wieder negativ ausfallen, so kann hier von einer sicher beobachteten Gewichtsänderung nicht gesprochen werden.

Wegen der äusserst geringen Dissociation des $CCl_3\,CH(OH)_2$ und der annähernd gleichen der KOH und des $KCHO_2$ ist hier weder Gewichtsab- noch Zunahme zu erwarten, was mit den Beobachtungen gut übereinstimmt.



V. $CCl_3\,CH(OH)_2 + H_2O.$

Die beobachteten Gewichtsänderungen waren im Mittel — 0,003 mg und übersteigen wieder nicht die Wägungsfehler. Da hier keine merkliche Dissociation auftritt, so ist auch in diesem Falle keine Gewichtsänderung zu gewärtigen, was durch den Versuch bestätigt wird.

Überblickt man die oben besprochenen Versuchsergebnisse, so wird man finden, dass die Resultate sämtlich in einem Sinne liegen und auf ein reales Gewicht der Elektrons zu deuten scheinen. Zur einfachen Erklärung dieser Thatsachen kann man sich mit Herrn Prof. Nernst vorstellen, dass die, den chemischen Elementen analogen, Elektrons (⊕ und ⊖) beim Ionisierungs-Vorgang aus dem Äther in das Körpersystem eintreten, sich mit den Ionen verbinden und so die Gesamtmasse erhöhen.

Fasst man den Ionisierungs-Prozess derartig auf, so ergiebt sich, dass die Änderung des Gesamtgewichtes von der Menge der auf- oder abgeladenen Elektrons abhängt. Fraglich bliebe es freilich noch, ob diese Gewichtsänderung bloss den — Elektrons oder beiden (den + und — Elektrons) zugeschrieben werden muss. In der Tabelle (Wägung II.) ist, unter der Voraussetzung, dass beide gleiches und positives Gewicht haben, die Gewichtsdifferenz für 1 Mol Elektron (gleichgiltig ob + oder —) und somit nach obiger Auffassung dessen Gewicht berechnet. Dieses betrüge, falls man aus bloss 3 ziemlich übereinstimmenden Angaben unserer Tabelle zu schliessen berechtigt wäre, im Mittel 0,077 mg, wäre also kleiner als das aus den Kathodenstrahlenversuchen berechnete Gewicht von 1 Mol — Elektron (das nach W. Kaufmann bei 0,530 mg liegt).[1]

Zur eingehenden experimentellen Prüfung dieser Verhältnisse würde es sich empfehlen, stark spaltbare Salze mit geringem Molekulargewichte zu lösen oder zu elektrolysieren; z. B. $NaCl$, wo man bei fünffach normaler Lösung bei einem Gesamtgewicht von 1292,5 g schon eine Zunahme von 0,286 mg zu erwarten hätte. Etwas Sicheres wird man natürlich erst auf Grund weiterer Versuche sagen können; immerhin schien mir die auffallende Bestätigung der obigen Betrachtungen durch die Resultate Landolts einer kurzen Mitteilung wert.

1) Vgl. Fussnote 4) auf vor. Seite.

(Eingegangen 13. Febr. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Grundlagen und Aussichten der Stereochemie.

Von Edgar Wedekind.

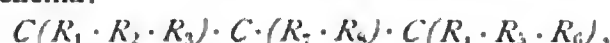
(Schluss.)

Auch diese Theorie ist durch eine grosse Zahl von Beispielen experimentell bestätigt worden: das bekannteste ist das Borneol,[1]) welches in vier stereoisomeren Formen auftritt.

Bei drei asymmetrischen Kohlenstoffatomen sind in Folge neuer Verdoppelung acht Isomere zu erwarten; der mittlere Kohlenstoff trägt

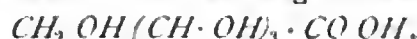
1) r- und l-Borneol (α) hat [α] D = + und — 37°, r- und l-Borneol (β) hat [α] D = + und — 33° (in Alkohol).

alsdann zwei Gruppen entsprechend folgendem Schema:



$$C(R_1 \cdot R_2 \cdot R_3) \cdot C \cdot (R_7 \cdot R_8) \cdot C(R_4 \cdot R_5 \cdot R_6).$$

Hierher gehören die Zucker mit 5 Kohlenstoffatomen der Pentosegruppe und die korrespondierenden Säuren: Arabonsäure, Xylonsäure und Ribonsäure von der allgemeinen Formel

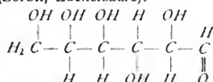


$$CH_2\,OH\,(CH \cdot OH)_3 \cdot CO\,OH.$$

Die eigentlichen Zucker mit einem Skelett von 6 Kohlenstoffatomen enthalten vier asymmetrische Atome und sind daher in 16 isomeren Formen zu erwarten, welche sich auf 8 Typen verteilen; auch diese sind zum grössten Teil dargestellt worden.

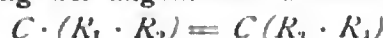
Die Zuckergruppe speciell ist von E. Fischer auf Grund stereochemischer Spekulationen soweit ausgebaut worden, dass eine wirkliche Ortsbestimmung von Stereoisomeren analog derjenigen von Strukturisomeren in der Benzolreihe möglich war.

Diese räumlichen Bestimmungen bauen sich auf die beiden Grundtypen der aktiven und inaktiven, nicht spaltbaren Weinsäure auf, indem man davon absieht, welches von den zwei enantiomorphen Symbolen der links- bezw. der rechtsdrehenden Verbindung entspricht. Auf diese Weise wurde die sterische Konfiguration der Tetrosen, Pentosen, Hexosen und der zugehörigen Alkohole und Säuren ermittelt: als Beispiel gelte die Raumformel des Traubenzuckers (Sorbit, Zuckersäure):



Somit hat sich die stereochemische Theorie auch auf den schwierigsten Gebieten der Experimentalchemie als sichere Führerin und Stütze bewährt.

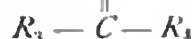
Aber auch auf rein chemischem Gebiete ohne Mitwirkung optischer Phänomene hat sich die räumliche Betrachtungsweise als äusserst fruchtbar erwiesen; sie erklärt nämlich das Auftreten von Isomeren der gleichen Strukturformel bei Äthylenderivaten oder Körpern, welche eine Doppelbindung zwischen Kohlenstoff und Kohlenstoff aufweisen. Stellt man eine ungesättigte Verbindung der allgemeinen Formel



$$C \cdot (R_1 \cdot R_2) = C\,(R_3 \cdot R_4)$$

mit Hilfe der früher schon mit Erfolg verwandten Tetraëder dar, so erhält man folgende sterische Konfiguration, die sich auf der Ebene des Papiers durch nachstehendes Symbol





veranschaulichen lässt.

Es ist ersichtlich, dass sich hierzu ohne weiteres ein Stereoisomeres konstruieren lässt, in welchem R_3 und R_4 ihre Plätze getauscht haben:





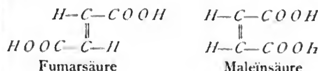
Zur Beobachtung dieser Stereoisomerie ist es nicht erforderlich, dass alle 4 Gruppen (R) unter sich verschieden sind, auch ein Körper von der Formel





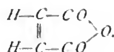
kann eine stereomere Konfiguration aufweisen, die aber in ihrer Atomstruktur weder Dyssymmetrie noch Enantiomorphie aufweist und daher auch kein Rotationsvermögen hervorrufen kann. Damit stehen die faktischen Beobachtungen in Einklang, zumal auch die bei optischen Isomeren beobachtete Identität der allgemeinen Eigenschaften fehlt; auch in chemischer Beziehung, was Stabilität, Bildungswärme u. s. w. betrifft, ist ein deutlicher Unterschied bemerkbar.

Besonders eingehend untersucht sind die einfachsten ungesättigten zweibasischen Säuren, die Fumar- und Maleïnsäure, deren Raumformeln entsprechend obigem Schema die folgenden sind:

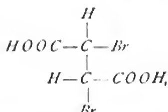


Fumarsäure Maleïnsäure

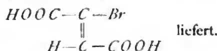
Die richtige Verteilung der Formeln auf die beiden Säuren ist auf Grund ihres chemischen Verhaltens geschehen: Die Fumarsäure liefert kein Anhydrid, da die beiden Carboxylgruppen einander räumlich fern sind und somit einen Austritt von Wasser nicht zulassen, die Maleïnsäure anhydrisiert sich hingegen, da die in Betracht kommenden Atomgruppen einander benachbart sind, zu Maleïnsäureanhydrid:



In anderen Fällen ist die Ortsbestimmung im Raume durch Additionserscheinungen an die Doppelbindung ermöglicht worden; Addition und darauf folgende Abspaltung bewirkt häufig einen Übergang von einer Reihe in die andere: so fixiert die Maleïnsäure zwei Atome Brom unter Bildung von Dibrombernsteinsäure



welche ihrerseits durch Entziehung von Bromwasserstoff Bromfumarsäure



Während die früher diskutierten optischen Stereoisomeren infolge der absoluten Identität innerhalb der Molekel nach jeder Dimension gleiche Stabilität besitzen, ist bei ungesättigten Isomeren ein Unterschied in der Beständigkeit vorauszusehen, der durch die Thatsachen bestätigt wird.

Die Hypothese, dass die vier Valenzen des Kohlenstoffs nach den Ecken eines Tetraëders gerichtet sind, hat auch für die ringförmigen Verbindungen und den Charakter der Doppelbindung wertvolle Spekulationen gezeitigt: gelegentlich seiner Studien über die Polyacetylenverbindungen versuchte A. Baeyer das Problem zu lösen, warum bei dem Übergang des Acetylenkohlenstoffs in gewöhnliche Kohle Wärme frei wird. Es ergab sich ein einfacher Zusammenhang zwischen der von der freiwerdenden Wärme verursachten Explosivität der Acetylenverbindungen und den Gesetzen der Ringschliessung.



Fig. 4.

Der Hauptsatz der Baeyerschen Theorie lautet: „Die vier Valenzen des Kohlenstoffatoms wirken an den Richtungen, welche den Mittelpunkt der Kugel mit den Tetraëderecken verbinden, und welche miteinander den Winkel $109^0 28'$ machen. Die Richtung der Anziehung kann eine Ablenkung erfahren, die jedoch eine mit der Grösse der letzteren wachsende Spannung zur Folge hat."

Diese Anschauung lässt sich an ringförmigen Polymethylenkörpern, die aus Kekuleschen Kugelmodellen mit biegsamen Drähten aufgebaut sind, leicht prüfen. Zur Herstellung des einfachsten Methylenringes, des Aethylens $H_2C<>CH_2$ müssen unter der Voraussetzung, dass die beiden Axen eine gleiche Ablenkung erfahren, die letzteren soweit gebogen werden, dass sie parallel sind, d. h. jede Axe erfährt eine Ablenkung von $\frac{1}{2} \cdot 109^0 28'$ von ihrer Ruhelage. Beim Trimethylen, das man sich als gleichseitiges Dreieck (Fig. 4) vorstellen kann, beträgt die Ablenkung jeder Axe $\frac{1}{2}(109^0 28' - 60^0) = 24^0 44'$; beim Tetramethylen

$$\begin{matrix} CH_2 - CH_2 \\ | \quad\quad | \\ CH_2 - CH_2 \end{matrix}$$

$\frac{1}{2}(109^0 28' - 90^0) = 9^0 44'$; beim Pentamethylen (Fig. 5) $\frac{1}{2}(109^0 28' - 108^0) = 0^0 44'$; beim Hexamethylen (Fig. 6) $\frac{1}{2}(109^0 28' - 120^0) = -5^0 16'$, d. h., die Atome müssen um etwas über 5^0 auseinander gebogen werden.

„Das Dimethylen bildet in der That den lockersten Ring, welcher von Bromwassertoff, Brom und sogar von Jod gesprengt wird, das Trimethylen wird nur durch Bromwasserstoff, nicht aber durch Brom aufgelöst; Tetramethylen und Hexamethylen endlich sind nicht oder sehr schwer zu sprengen."

Auch die Eigentümlichkeit der dreifachen Bindung wird auf die gleiche Ursache, d. h. auf Änderung der Spannung zurückgeführt. Als Anhaltspunkte hierfür gelten die von

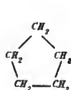


Fig. 5.

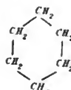


Fig. 6.

Thomsen für die Wärmetönungen berechneten Werte, welche bei der Sättigung der einzelnen Valenzen der Kohlenstoffatome im Aethan, Aethylen und Acetylen $CH \equiv CH$ auftreten:

Für die einfache Bindung	+ 14,807 Cal.
Für den Übergang der einfachen in die doppelte	+ 0,234 Cal.
Für den Übergang der doppelten in die dreifache	— 14,339 Cal.

Es ist ersichtlich, dass bei dem Übergange der einfachen in die doppelte Bindung eine geringe Vermehrung der Festigkeit stattfindet, während durch den Übergang der doppelten in die dreifache die Festigkeit so geschwächt wird, dass zur Lösung der dreifachen Bindung 0,7 Cal. ausreichen. Demnach entspricht die schwarze Kohle einer möglichst stabilen Anordnung der Kohlenstoffatome, d. h. es werden in ihr möglichst viel einfache Bindungen und möglichst wenig Ablenkungen der Affinitätsaxen vorkommen. Bei dem Übergang des Acetylenkohlenstoffs in gewöhnliche Kohle wird daher die in ersterem in Form von Spannung enthaltene Kraft frei werden, und entweder als

Wärme, oder als Bewegung in Erscheinung treten. Hierdurch wird die starke Explosionsfähigkeit der Polyacetylenverbindungen erklärt.

Die ringförmigen Methylenverbindungen, zumal das bereits erwähnte Hexamethylen besitzen für die Stereochemie ein besonderes Interesse, da die mehrfach substituierten Produkte desselben in isomeren Formen auftreten, welche nur durch Heranziehung räumlicher Betrachtungen erklärt werden können; so lassen sich die beiden Modifikationen der Hexahydroterephtalsäure $C_6H_{10}(CO_2H)_2$ (1·4) durch folgende Raumformeln wiedergeben (Fig. 7 u. 8):

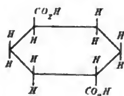


Fig. 7.

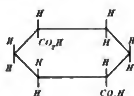
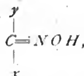


Fig. 8.

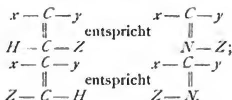
In diesen Schematen bilden die paarweis mit Kohlenstoff oder Atomen des Kerns verbundenen 12 Gruppen die Ecken eines hexagonalen Prismas, dessen Kanten durch die vertikalen Linien angedeutet sind; in den Ecken befinden sich die Kohlenstoffatome des Hexamethylenringes. Derivate dieses Kohlenwasserstoffs, wie die Chinasäure und der Inosit sind auch in aktiven Formen erhalten worden und enthalten somit asymmetrische Kohlenstoffatome.

Die bisher geschilderten stereochemischen Theorien beschäftigen sich nur mit einem Element, dem Kohlenstoff: dieser hat auch in der That eine Fülle von Beobachtungsmaterial geliefert. Der Stickstoff hingegen, der ebenfalls in organischen Verbindungen eine so wichtige Rolle spielt, ist seinem sterischen Verhalten nach viel weniger erforscht worden.

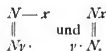
Nur der dreiwertige Stickstoff hat zu einer ähnlichen Hypothese Veranlassung gegeben, wie in der Reihe der ungesättigten Kohlenstoffderivate. Einen Anhaltspunkt hierzu bot die Isomerie der Oxime



welche schon bei Monocarbonylverbindungen in zwei Formen auftreten können. Zur Erklärung dieser Stereoisomerie wird die Voraussetzung gemacht, dass die Valenzen des dreiwertigen Stickstoffatoms nicht unter allen Umständen mit dem Stickstoff selbst in einer Ebene liegen. Hieraus leiten Hantzsch und Werner folgende Hypothese ab: „Die drei Valenzen des Stickstoffatoms sind bei gewissen Verbindungen nach den Ecken eines (jedenfalls nicht regulären) Tetraëders gerichtet, dessen vierte Ecke vom Stickstoffatom selbst eingenommen wird." Vergleicht man daher die Typen $(xy)\,C = C(H)\,x$ und $(xy)\,C = Nz$, so ergeben sich analoge Isomeriefälle, wie bei der Fumar- und Maleïnsäure:



Auch auf die Doppelbindung zwischen Stickstoff und Stickstoff scheint diese Hypothese übertragbar:



Die Oxim-Isomerie tritt nur dann auf, wenn x und y verschiedene Radikale sind; symmetrische Dioxime weisen bereits 3 Stereomere auf.

Komplizierter liegen die Verhältnisse bei dem fünfwertigen Stickstoff: zahlreiche Versuche, denselben in die formell mögliche Analogie mit dem asymmetrischen Kohlenstoff zu bringen, sind namentlich hinsichtlich der erwarteten Aktivität lange Zeit resultatlos oder sehr fraglich geblieben. Die von Le Bel zuerst behauptete Rotationsfähigkeit des Isobutylpropylaethylmethylammoniumchlorids verlor sich und konnte auch später durch andere Forscher nicht beobachtet[1]) werden. Neuerdings sind nun asymmetrische quaternäre Ammoniumsalze[2]) dargestellt worden, deren Radikale so gross sind, dass ein Platzwechsel sehr erschwert wird.

Unter Berücksichtigung der Thatsache, dass derartige Körper mehr oder weniger labile Additionsprodukte darstellen, die hydrolytisch in Verbindungen des dreiwertigen Stickstoffes zerfallen, gelang es in letzter Zeit eine Methode[3])

1) In neuester Zeit (Oktob. 1899) hat Le Bel der Akademie eine Studie „Sur la stéreochemie de l'azote" eingereicht, in welcher er seine früheren Angaben aufrecht erhält. Der aktive Körper ist jedoch nicht in Substanz isoliert worden, auch fehlen zahlenmässige Angaben über den beobachteten Drehungswinkel und sonstige physikalische und chemische Eigenschaften. Die Vermutung, dass das rohe asymmetrische Salz ein giftiges Isomeres enthält, ist nicht experimentell gestützt und steht im Widerspruch mit den Erfahrungen über die pharmakologischen Eigenschaften der Ammoniumsalze, welche keine ausgesprochen antiseptische Wirkung besitzen. (Kobert.)

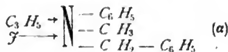
2) Vgl. Wedekind, Zur Stereochemie des fünfwertigen Stickstoffes. Leipzig, Veit & Co., 1899, S. 31 ff.

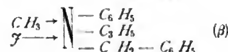
3) W. J. Pope und Peachey, Proc. Chem. Soc. 213.

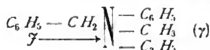
aufzufinden, welche die Aktivierung hochmolekularer Ammoniumbasen (s. u. Phenylmethylallylbenzylammoniumhydroxyd) ermöglicht.

Durch die Isolierung der optischen Antipoden von Salzen der genannten Base ist die oft umstrittene Frage nach der Aktivität des asymmetrischen Stickstoffes principiell im bejahenden Sinne beantwortet[1]); es erübrigt jetzt noch die Untersuchung der Grenzen der Aktivität, d. h. ob letztere nur bei genügender Raumerfüllung, oder schon bei asymmetrischen Verbindungen von geringerer Raumgrösse, bezw. bei ringförmigen Ammoniumsalzen auftritt.

Ferner können Ammoniumsalze mit einem asymmetrischen Stickstoff unter bestimmten Vorbedingungen in 2 inaktiven, stereoisomeren Formen erhalten werden, wenn nämlich die 4 unter sich verschiedenen Kohlenstoffradikale so gross gewählt werden, dass sie den Raum um das fünfwertige Stickstoffatom vollständig erfüllen. Dann findet unter den Radikalen keiner oder doch nur ein teilweiser Platzwechsel statt und auf verschiedenen Wegen hergestellte gleichartige Kombinationen erscheinen als selbstständige Raumisomere. Eingehend studiert wurden bisher die isomeren Salze des Phenylmethylallylbenzylammoniumhydroxyds,[2]) z. B.:







Von diesen Kombinationen sind α und β in Bezug auf Schmelzpunkt, Löslichkeit und Krystallform verschieden, während α und γ identisch sind.

Verringert man ein Radikal, indem z. B. $CH_2 \cdot C_6H_5$ durch C_2H_5 ersetzt wird, so verschwindet auch diese Stereoisomerie, da die Atomgruppen wieder Raum zum Platzwechsel haben.

Denkt man sich die 5 Valenzen des pentavalenten Stickstoffes nach den Ecken einer vierseitigen Pyramide gerichtet, so nimmt eine Valenz (siehe Figur 9) eine besondere Richtung ein, da dieselbe in Ammoniumverbindungen nur durch Halogen oder Hydroxyl besetzt werden kann; das Halogen befindet sich daher an der Spitze der Pyramide. Führt man in die anderen Ecken die 4 oben angegebenen Radikale, in der gegebenen Reihenfolge ein, so ist leicht ersichtlich, dass α von β sich dadurch unterscheidet, dass der Austausch zweier Radikale in der Diametrale erfolgt ist, während der Stellungswechsel bei α und γ an benachbarten Punkten stattgefunden hat. Die Stereoisomerie der beiden Salze wäre demgemäss als eine „diametrale" zu bezeichnen, da ein Platzwechsel nicht in diametraler, sondern nur in benachbarter Position, d. h. auf dem räumlich kürzeren Wege stattgefunden hat.

Die Pyramide soll den stabilen Ammoniumtypus des fünfwertigen Stickstoffs versinnbildlichen; es giebt aber gewisse Verbindungen desselben, in welchen zwei Valenzen eine unter sich gleichwertige, von den drei übrigen aber verschiedene Richtung beanspruchen; diese labile Form wird nur dann gebildet, wenn jede Möglichkeit zur Einnahme der normalen Konfiguration ausgeschlossen ist und kann räumlich durch ein Doppeltetraëder dargestellt werden, dessen

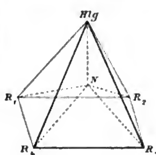


Fig. 9.

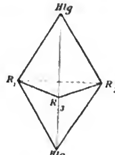


Fig. 10.

beide Spitzen beispielsweise durch zwei Halogenatome eingenommen werden, während die drei Ecken der Basis durch 3 Alkoholradikale besetzt sind (siehe Figur 10). Der Übergang des Doppeltetraëders in die stabile Form der Pyramide lässt sich ebenfalls zwanglos darstellen. Letztere — als Modell[1]) gearbeitet — erklärt auch in plausibler Weise die Stereoisomerie der Oxime und Hydrazone.

Die hier kurz skizzierten Hauptthatsachen der Stereochemie sind in den letzten Jahren insofern auf eine breitere Grundlage gestellt, als man sich daran gewöhnt hat, den Verlauf allgemeiner Reaktionen nach räumlichen Verhältnissen zu betrachten; das Ausbleiben einer solchen erscheint nicht mehr als ein blinder Zufall, sondern als die Folge der Kollisionen von gewissen Atomgruppen, der sog. sterischen Hinderung. Auf dem Gebiete der Esterbildung aromatischer Säuren (Viktor Meyer) und der Verkettungsprodukte halogenhaltiger Körper (C. A. Bischoff) sind die hierher gehörenden

1) Auch die Lösung des Problems, ob der vierwertige, asymmetrische Schwefel rotationsfähig ist oder nicht, steht auf Grund der erwähnten Methode in Aussicht.

2) cf. Fussnote 2) auf voriger Spalte.

1) Wedekind, l. c. S. 124.

Erscheinungen bisher am eingehendsten studiert worden: die Reaktionsfähigkeit eines Substituenten wird nicht allein durch die Natur desselben, sondern auch durch den Bau und die räumliche Grösse der benachbarten Atomgruppen bestimmt.

Das bisher zusammengetragene Beobachtungsmaterial gestattet schon jetzt in manchen Fällen die Grenzen gewisser Reaktionen vorauszusagen; die Reagentien, welche nicht oder nur teilweise den normalen Prozess erleiden, werden in bestimmten Mengenverhältnissen wiedergewonnen oder erscheinen in einem anormalen „Ausweichprodukt" wieder, das räumlich begünstigt ist. Einige Radikale üben einen besonders merklichen Einfluss aus; zu diesen gehört die Nitrogruppe (NO_2) in der Ortho-Stellung eines Benzolkernes, welche u. a. imstande ist, einen sonst glatt verlaufenden Ringschluss fast völlig zu verhindern. Die Ursache dieser Depression ist nicht das Gewicht der Massen, sondern Schwingungsart und Konfiguration der Atomgruppen. Dass man den dynamischen Charakter der letzteren unter günstigen Bedingungen relativ messen kann, geht aus den Beispielen einer kürzlich über diesen Gegenstand erschienenen Monographie[1]) hervor.

Demnach werden nur solche Gebilde in bemerkenswerten Mengen erzeugt, welche räumlich möglich und begünstigt sind. Ähnlich, wie in der belebten Welt nur die begünstigten Rassen oder Individuen im Kampf ums Dasein erhalten werden, kommen bei chemischen Vorgängen nur diejenigen Systeme im „Kampf um den Platz" zustande, welche räumlich bevorzugt sind.

So eröffnet sich die Aussicht, dass die stereochemische Theorie und Praxis im Verein mit den Methoden der physikalischen Chemie uns über den Bau[2]) und den Bewegungszustand der Atomgruppen immer mehr Aufklärung verschaffen wird, zumal man in letzter Zeit beginnt, auch anorganische[3]) Systeme unter räumlichen Gesichtspunkten zu betrachten.

1) M. Scholtz, „Der Einfluss der Raumerfüllung der Atomgruppen auf den Verlauf chemischer Reaktionen". Stuttgart 1899.

2) Vgl. die Spekulationen Vaubéls in den „Stereochemischen Forschungen". Heft 1 und 2.

3) Vgl. A. Werner, Chemiker-Zeitung 1899, No. 80. Stereoisomerie der Kobaltammoniake.

REFERATE.



Neue optische Instrumente der Firma Carl Zeiss. (Katalog 1899. 2. Ausgabe.)

I) Refraktometer mit veränderlichem brechenden Winkel.

Das Instrument, dessen Hauptteil in Fig. 1 abgebildet ist, dient zur Untersuchung von Flüssigkeiten von beliebig hohem Brechungsindex. Die zu untersuchende Flüssigkeit befindet sich in einem flachen Troge, dessen Boden aus einer planparallelen Glasplatte *B* besteht. In die Flüssigkeit taucht das untere Ende des an dem Objektive eines Fernrohres befestigten Glaskörpers *G*, so dass durch die Endfläche von *G* und die Platte *B* ein Flüssigkeitsprisma gebildet wird, dessen brechender Winkel durch Drehen des Fernrohres um eine in der Endfläche von *G* gelegene Achse verändert werden kann. Wird die Platte *B* unter streifender Incidenz von unten beleuchtet, so kann man stets die Fernrohrachse in die Richtung der die Flüssigkeit durchsetzenden Grenz-

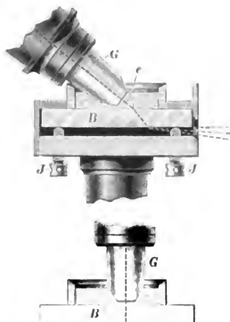


Fig. 1.

strahlen bringen und aus dem Betrage der Drehung den Brechungsexponent der Flüssigkeit bestimmen.

Eine Gesamtansicht des Instrumentes giebt Fig. 2.

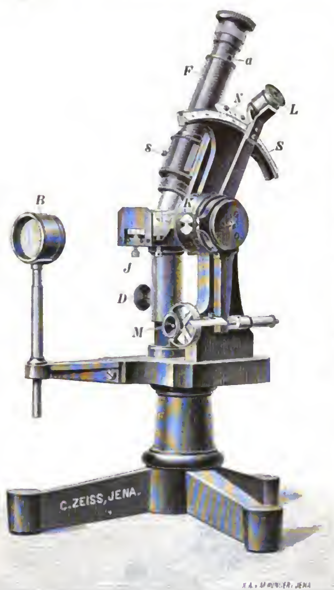


Fig. 2.

II) Eintauchrefraktometer

für die Untersuchung von Flüssigkeiten mit niedrigem Brechungsindex ($n = 1{,}325$ bis $1{,}367$), z. B. wässeriger Lösungen.

Das Instrument dient namentlich zur raschen und bequemen Untersuchung solcher Flüssigkeiten, von denen grössere Mengen zur Verfügung stehen; es wird in dieselben einfach eingetaucht und die Lage der Grenzstrahlen an einer Okularskala abgelesen. Die innere Einrichtung ist aus Fig. 3 zu ersehen, die wohl weiter keiner Erläuterung bedarf. Das mittels eines Ringes *R* um die Fernrohrachse drehbare

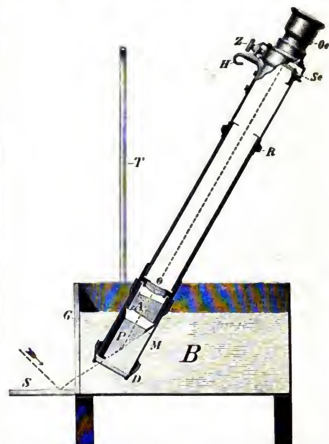


Fig. 3.

Amiciprisma *A* dient zur Aufhebung der Dispersion. Um auch kleine Flüssigkeitsmengen untersuchen zu können, kann dem Instrument noch ein kleines Hilfsprisma beigegeben werden.

W. Kaufmann.

Personalien.

Der Stadt-Bauinspektor Karl Friedmann in Mainz ist zum Professor an der technischen Hochschule in Braunschweig ernannt worden.

Professor W. Hittorf wurde zum Ehrenmitglied der „Deutschen Chemischen Gesellschaft" ernannt.

Professor R. M. Friese von der technischen Hochschule in München erhielt vom Verein deutscher Ingenieure die Aufforderung, die Berichterstattung über das Gebiet der Elektrotechnik auf der Pariser Weltausstellung zu übernehmen.

Der Privatdocent Dr. Max Bamberger an der technischen Hochschule in Wien ist zum a. o. Professor der Encyklopädie, Chemie und Agrikulturchemie an dieser Hochschule ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 22. 3. März 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektricität.[1])

Von J. Elster und H. Geitel.

Die Untersuchungen über das elektrische Verhalten der Gase haben in den letzten Jahren zu ganz bestimmten Vorstellungen geführt. Hiernach ist ein Gas bei gewöhnlicher Temperatur und Atmosphärendruck für Potentialdifferenzen unterhalb einer gewissen Grenze ein fast vollkommener Nichtleiter, doch kann es durch verschiedene Einflüsse in einen Zustand versetzt werden, in dem es eine merkliche Leitfähigkeit zeigt.

In dieser Weise wirkt z. B. die Gegenwart von glühenden Körpern und Flammen und die Durchstrahlung mit Röntgen- oder Becquerelstrahlen.

Man kann die so erworbene Eigenschaft des Gases auf das Vorhandensein ungemein kleiner entgegengesetzt elektrischer Teilchen in ihm zurückführen, deren Gesamtladung, wenn eine unipolare Leitfähigkeit vor der Hand ausgeschlossen wird, sich zu Null ergänzt und die in dem Gase wie in einem absolut isolierenden Mittel schweben. Diese Teilchen betrachtet man als die Produkte eines Zerfalles einzelner Gasmoleküle und bezeichnet sie nach Analogie des für Elektrolyte gebräuchlichen Ausdrucks als Ionen, doch ist festzuhalten, dass eine Identität des Wesens der Gas-Ionen mit denen der Elektrolyte nicht behauptet werden soll. Es ist im Gegenteil mehr als wahrscheinlich, dass sie von jenen durchaus verschieden sind und nur insofern mit ihnen übereinstimmen, als sie sehr kleine Teilchen ponderabler Materie in Verbindung mit hohen elektrischen Ladungen darstellen.

1) Vorgetragen am 16. Novbr. 1899 in dem Verein für Naturwissenschaft zu Braunschweig von H. Geitel.

Die Theorie der Ionenleitung der Gase ist zuerst von Herrn W. Giese[1]) auf Grund von Beobachtungen der elektrischen Eigenschaften von Flammengasen aufgestellt worden, später von Herrn A. Schuster[2]) weitergeführt, und hat auch uns schon gute Dienste geleistet bei Untersuchungen über die Elektricitätserzeugung beim Kontakt von Gasen und glühenden Körpern,[3]) in letzter Zeit ist sie die Grundlage einer grossen Reihe von Arbeiten gewesen, die von Herrn J. J. Thomson und seinen Schülern veröffentlicht sind und das Verhalten von künstlich leitend gemachten Gasen zum Gegenstande haben.

Es könnte befremdlich erscheinen, dass bis jetzt noch nicht der Versuch gemacht ist, das Problem der atmosphärischen Elektricität vom Standpunkte der Ionentheorie aus zu behandeln. Der Grund, weshalb dies nicht geschehen ist, liegt darin, dass man die geringe natürliche Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft meist übersah und dadurch die Grundlage beseitigte, auf der man aufbauen konnte. So wollte auch Herr Arrhenius, dem die Theorie der atmosphärischen Elektricität eine wertvolle Anregung verdankt, die Annahme einer gewissen Leitfähigkeit der Luft ausdrücklich auf den Fall beschränkt wissen, dass sie von kurzwelligem Sonnenlichte durchstrahlt wird.

Es lässt sich nun in der That zeigen, dass die natürliche atmosphärische Luft sowohl im Freien wie auch innerhalb geschlossener Räume von nicht zu kleinen Dimensionen ein unzweifelhaftes Leitvermögen hat. Auf Grund mehrjähriger Messungen der Elektricitätszerstreuung in der freien Atmosphäre ist schon vor mehreren Jahren Herr Linss[4]) zu dem Ergebnisse gelangt,

1) W. Giese, Wied. Ann. 17, S. 570, 1882.
2) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 37, S. 317, 1884.
3) J. Elster und H. Geitel, Wien. Ber. 97, S. 79, 1888.
4) W. Linss, Meteorol. Zeitschrift 1887, S. 345; und Elektrotechnische Zeitschrift 1890, Heft 38.

dass ein auf konstantem Potentiale gehaltener elektrisierter Körper in der Luft in etwa 100 Minuten eine Elektricitätsmenge verliert, die seiner Gesamtladung gleichkommt. Es blieb noch zweifelhaft, ob nicht der Hauptanteil dieses Verlustes auf die Berührung des Versuchskörpers mit den in der Luft suspendierten Staubteilchen zurückzuführen sei. auch war die benutzte Methode nicht geeignet, völlig befriedigende Rechenschaft von dem Elektricitätsflusse über die isolierende Stütze hin zu geben. Leider haben diese Arbeiten nicht die verdiente Beachtung gefunden.

Mittelst eines leicht transportabeln Apparates, den wir an anderer Stelle[1]) beschrieben haben, glauben wir nun die Elektricitätszerstreuung von einem geladenen Körper aus in einwandfreier Weise messen zu können. Die Ergebnisse, zu denen diese Beobachtungen geführt haben, sind im wesentlichen die folgenden.[2])

Ein in freier Luft oder im Zimmer isoliert aufgestellter elektrisierter Leiter verliert seine Ladung allmählich an die Luft, und zwar etwa in dem von Herrn Linss angegebenen Grade. Ist er der freien Atmosphäre ausgesetzt, so ist dieser Elektricitätsverlust von dem Zustande der Luft abhängig. Die Gegenwart von Nebel und anderen Trübungen, wie z. B. auch Höhenrauch, wirkt stets vermindernd auf die Zerstreuung, d. h. neblige Luft leitet schlechter als reine. Ist die Luft ausnahmsweise rein und durchsichtig, so ist die Zerstreuung am grössten, sie kann im Tieflande auf etwa das Zehnfache des bei Nebel gemessenen Wertes steigen. Ein Einfluss der Temperatur und der absoluten Feuchtigkeit innerhalb der in der Natur gegebenen Grenzen scheint nicht feststellbar zu sein. Obgleich der Versuchskörper, von dem aus die Elektricitätszerstreuung erfolgt, nur sehr unvollkommen gegen Wind geschützt wird, ist doch eine Abhängigkeit von der Windstärke mit völliger Sicherheit nicht nachzuweisen. Indessen bedürfen die letztgenannten Einflusse noch einer genaueren Untersuchung.

Die Unterschiede im Grade der Zerstreuung, je nachdem man den Versuchskörper positiv oder negativ ladet, sind, wie auch Herr Linss fand, so lange man im Tieflande bleibt, im allgemeinen unerheblich und von wechselndem Sinne.

Da nun die Klarheit der Atmosphäre sich als von so wesentlicher Bedeutung erwiesen hatte, so war zu erwarten, dass in der reineren Luft der Gebirge die Zerstreuung eine deutliche Zunahme erfahren müsse. Messungen auf dem Brocken, sowie auf dem Säntis und in der Umgebung von Zermatt haben diese Vermutung durchaus bestätigt. Dabei zeigte sich aber noch eine merkwürdige Begleiterscheinung. Während auf der Sohle von Hochthälern, wie in Zermatt, die Beträge der Zerstreuung für positive und negative Ladungen unter sich gleich und mehr als doppelt so gross als die entsprechenden Zahlen für Wolfenbüttel gefunden wurden, ergiebt sich auf Bergspitzen der Verlust negativer Elektricität durchweg grösser als der für positive. Schon auf dem Brocken war dies Verhalten deutlich erkennbar, auf dem Säntis standen die Zahlenwerte etwa im Verhältnis von 4 : 1. Trat im Gebirge Nebel ein, so nahm auch sofort die Zerstreuung bis zu äusserst kleinen Werten ab.

Die so kurz geschilderten Thatsachen lassen sich nun auf Grund der Ionentheorie leicht übersehen.

Die normale atmosphärische Luft enthält hiernach positiv und negativ geladene Ionen in etwa gleicher Menge. Ein positiv geladener Leiter zieht die negativen, ein negativ geladener die positiven an und wird durch Berührung mit ihnen allmählich entladen. Ist die Luft rein, so finden die Ionen, abgesehen von Reibungswiderständen kein Hindernis in ihrer Bewegung, ist sie nebelhaltig, so sind sie zum Teil oder vollständig an die feinen Wassertröpfchen gebunden, als deren Kondensationskerne sie gewirkt haben, oder denen sie begegnet sind. Ihre Masse ist dadurch ungemein vergrossert, ihre Beweglichkeit so gut wie aufgehoben.

Im elektrischen Kraftfelde der Erde erfahren die freien Ionen eine teilweise Scheidung, um die Bergspitzen, in denen die Dichtigkeit der negativen Erdelektricität am grössten ist, sammeln sich vorzugsweise die positiven Ionen an. Hieraus erklärt sich, dass dort der Verlust negativer Ladungen am grössten ist.

Es kam nun darauf an, die in der Natur beobachteten Erscheinungen künstlich hervorzubringen.

In einem Glasballon, der etwas Wasser enthält, wird eine mit einem Elektrometer verbundene Elektrode und eine Erdleitung angebracht. Durch ein Stück eingeführten Uranpecherzes erteilt man der Luft des Ballons ein gewisses Leitungsvermögen. Man erkennt dies daran, dass eine dem Elektrometer mitgeteilte Ladung kontinuierlich von der Elektrode zur Erde abfliesst. Wird nun die Luft des Ballons durch Expansion zur Nebelbildung gebracht, so beobachtet man eine sofortige Hemmung der Entladung, die wieder in alter Weise fortschreitet, sobald man den Nebel durch Kompression zum Verschwinden bringt.

1) J. Elster und H. Geitel, Physikalische Zeitschrift 1, S. 11, 1899. Von J. Elster demonstriert auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in München.

2) Ausführliche Mitteilungen in Terrestrial Magnetism and Atm. Electricity, Vol. IV, No. 4, S. 213, 1899.

Die Sonderung der positiven und negativen Ionen von einander lässt sich leicht durch elektrische Kräfte erreichen. Man stellt das Elektroskop, das zum Messen der Zerstreuung dient, samt dem Leiter, von dem aus die Zerstreuung erfolgt, im Innern eines grossen isolierten Cylinders aus Drahtgeflecht auf, dem man eine konstante elektrische Ladung durch eine Trockensäule erteilt. Man beobachtet dann, dass die Zerstreuung innerhalb des Cylinders von der Ladung seiner Aussenfläche abhängt. Ist diese positiv, so ist innen der Verlust für positive, ist sie negativ, der für die negative Elektricität viel grösser als bei entgegengesetzten Vorzeichen. Man erkennt, dass der geladene Cylinder stets diejenigen Ionen aus der Luft heranzieht, die seiner Ladung entgegengesetzt sind. Diese diffundieren zum Teil in sein Inneres und entladen den dort aufgestellten Leiter, wenn seine Elektrisierung der des Cylinders gleichnamig ist.

Ladet man einen an Seidenschnüren aufgehängten Körper aus weitmaschigem Drahtnetz von etwa 1 cbm Inhalt fünf Minuten lang positiv, so erweist sich die Innenluft unmittelbar nachher als negativ geladen und umgekehrt. Auch hier sind die entgegengesetzt elektrisierten Ionen der Luft von dem Cylinder herangezogen und zum Teil in das Innere hineindiffundiert. Über diese Versuche und ihre Abänderung durch Erzeugung von Nebel und künstliche Ionisierung der Luft gedenken wir demnächst eingehender zu berichten.

Wir halten es demnach für feststehend, dass die atmosphärische Luft in gewissem Grade ionisiert ist. Der wechselnde Betrag des Elektricitätsverlustes lässt sich sowohl auf eine verschiedene Beweglichkeit, wie auf veränderte Anzahl der Ionen zurückführen. Der Einfluss der Lufttrübung ist offenbar von der ersten Art, die Zunahme der Elektricitätszerstreuung im Hochgebirge scheint uns, da sie weit über das Mass des im Tieflande beobachteten Maximums hinausgeht, auf einer wirklichen Vermehrung der Ionen mit wachsender Meereshöhe zu beruhen. Kann nun der Gehalt der Luft an elektrischen Ionen als erwiesen gelten, so liegt es nahe, diejenigen Eigenschaften, die man an künstlich ionisierter Luft beobachtet hat, auch bei der Atmosphäre vorauszusetzen.

Nun haben die oben erwähnten Versuche von Herren J. J. Thomson, Zeleny, Wilson u. a. gezeigt, dass unter Einwirkung gleicher elektrischer Kräfte die negativen Ionen eine grössere Geschwindigkeit annehmen als die positiven. Man kann dies auch dadurch ausdrücken, dass man den ersteren eine wesentlich geringere Masse zuschreibt. Streicht nun ionisierte Luft über einen unelektrischen isolierten Leiter hin, so werden ein positives und ein negatives Ion, die sich in gleicher Lage zu dem Leiter befinden, in dem durch ihre eigene Ladung inducierten Felde zwar gleiche Anziehungen gegen diesen erfahren, da aber die Masse des negativen kleiner als die des positiven ist, so wird es in gleicher Zeit eine grössere Strecke gegen den Leiter hin zurücklegen, also seine Ladung schon an ihn abgegeben haben können, während das langsamer wandernde positive durch den Luftstrom fortgeblasen wird. Hiernach wird ein von ionisierter Luft umgebener Leiter sich von selbst negativ laden, bis das durch diese Ladung erregte Feld den Unterschied der Beweglichkeit der Ionen ausgleicht. Solche spontanen Ladungen von Leitern in ionisierter Luft sind von Herrn Zeleny beobachtet und auf die Verschiedenheit der Ionengeschwindigkeit zurückgeführt.[1]) Streicht Luft durch das Innere eines Leiters, so kann die Ladung weit höhere Beträge erreichen, da für Punkte im Innern die kompensierende Wirkung der zunehmenden Eigenladung wegfällt. Ein isoliert aufgestellter Leiter, durch dessen Inneres ionisierte Luft fliesst, wird demnach von innen fortwährend negative Elektricität aufnehmen. Könnte man den Verlust nach aussen und durch die Stützen verhindern, so müsste seine Ladung zu sehr hohen Beträgen gesteigert werden können.

Man erkennt, dass auch der Erdkörper, allseitig von ionisierter Luft umgeben, sich negativ laden muss. Die Zufuhr der negativen Elektricität wird besonders dort stattfinden, wo das durch seine Eigenladung inducierte Feld nicht durch Beschleunigung der positiven Ionen ausgleichend wirken kann, d. h. an solchen Orten, die als innere Punkte der leitenden Erdoberfläche gelten können. Dies ist der Fall besonders in den mit Vegetation bedeckten Gegenden. Das elektrische Feld der Erde ist Null zwischen den Stämmen der Bäume und niedrigeren Pflanzen, hier kann also eine ungehinderte Aufnahme negativer Elektricität aus der Atmosphäre stattfinden. Der so aufgenommenen, auf der nach aussen gewandten Erdoberfläche im elektrostatischen Gleichgewichte verteilten negativen Ladung entspricht ein Deficit der Atmosphäre an negativen, also ein Überschuss an positiven Ionen. Diese werden im ganzen in stationärer Weise gegen die Erdoberfläche hinwandern und dort die negative Elektricität in dem Masse neutralisieren, wie sie sich unausgesetzt regeneriert. Wie oben bemerkt, muss die Erneuerung der Gesamtladung der Erde sich in etwa 100 Minuten vollziehen.

Wie man sieht, ergiebt sich auf Grund der Ionentheorie die konstante negative Eigenladung des Erdkörpers in ungezwungener Weise durch die unausgesetzte Einwanderung negativer Ionen an bestimmten (elektrisch geschützten) Orten,

1) J. Zeleny, Phil. Mag. 46, S. 137, 1898.

der ein Verlust durch Aufnahme positiver (an frei gelegenen Orten) gegenübersteht. Diejenige positive Elektricitätsmenge, durch welche die Ladung des Erdkörpers gerade neutralisiert werden würde, ist in der Atmosphäre an positive Ionen gebunden zu suchen und zwar, da diese in Wanderung gegen die Erdoberfläche hin begriffen sind, vorzugsweise in den unteren Schichten.

Man kann aber noch weiter gehen und die Veränderungen in Betracht ziehen, die diese Wanderung der Ionen gegen den Erdkörper hin erleidet, sobald Kondensation des Wasserdampfes eintritt. Wir nehmen zunächst an, dass dies in unmittelbarer Nähe des Erdbodens geschieht. Die von oben herab kommenden positiven Ionen bleiben dann in der Nebelschicht stecken, nähern sich, an den sinkenden Tröpfchen haftend, dem Boden und bilden eine dicht über ihm lagernde positiv elektrische Schicht. In dieser kann das Potentialgefälle je nach dem Grade der elektrischen Volumdichtigkeit eine beträchtliche Höhe erreichen, an der oberen Grenze der Nebelschicht muss es schnell in der Vertikalrichtung abnehmen.

Liegt eine Nebelschicht (Wolke) in grösserer Höhe über der Erdoberfläche, so können die positiven Ionen der darunter liegenden Luft ungehindert zur Erdoberfläche gelangen, während die aufwärts wandernden negativen in der unteren Grenzfläche der Wolke festgehalten werden. Hierdurch sinkt das Potentialgefälle am Erdboden. Die obere Fläche der Wolke wird ebenso den nach unten wandernden positiven Ionen der darüberliegenden Luftschicht ein Ziel setzen. Bei weitergehender Kondensation entfallen der unteren Wolkenschicht negativ, der oberen positiv geladene Niederschläge.

Hiernach ergiebt sich ohne weiteres die Thatsache, dass die Niederschläge positive und negative Ladungen mit sich führen.

Wir wollen nun in der weiteren Betrachtung einem Gedankengange folgen, der kürzlich von Herrn J. J. Thomson angegeben ist.[1]) Bei Versuchen über die Kondensation des Wasserdampfes hat sich nämlich gezeigt, dass die Nebelbildung in negativ ionisierter Luft bei geringerer Expansion erfolgt, als in solcher, die mit positiven Ionen beladen ist, man kann daher erwarten, dass die Nebelbildung zuerst die negativen Ionen an Wassertröpfchen bindet. Eine sich bildende Wolke wäre demnach als ein Gemisch negativ geladener Tröpfchen mit Luft aufzufassen, die freie positive Ionen enthält. Im Augenblicke ihrer Bildung wird sie nach aussen elektrisch nicht wirken können, wohl aber, sobald durch die Fallbewegung die negativ geladenen Tröpfchen sich von der dazwischen gelagerten positiven Luft getrennt haben. Die elektrische Potentialdifferenz bildet sich demnach auf Kosten der lebendigen Kraft der fallenden Tropfen. Bei fortschreitender Expansion und Abkühlung der Luft werden auch die positiven Ionen zu Kondensationskernen und die ihnen anhaftenden positiven Ladungen werden mit den Niederschlägen zur Erde geführt. Ein Ausgleich der Spannung innerhalb der Wolke ist wegen der geringen Beweglichkeit der Ionen in ihr nur in disruptiver Weise möglich. Da die Zahl der Ionen in den höheren Luftschichten, wie aus unseren Beobachtungen in den Alpen hervorgehen würde, grösser als an der Erdoberfläche ist, so erscheint der Ursprung so grosser Elektricitätsmengen, wie sie ein Gewitter liefert, weniger befremdend.

Die Grundlage der im vorigen kurz dargestellten Auffassung der elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre, nämlich die Existenz entgegengesetzt geladener Ionen in der Luft, kann als experimentell erwiesen gelten, ebenso hat man auch die verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit der Ionen in künstlich leitend gemachter Luft, sowie ihr abweichendes Verhalten gegenüber der Nebelbildung auf Grund von Versuchsergebnissen erschlossen. Es handelt sich demnach hier nur um eine Anwendung experimentell gewonnener Erfahrungen auf ein Gebiet der Meteorologie[1]).

Es ist bemerkenswert, mit welcher Einfachheit sich die Grundthatsache dieses Gebietes, nämlich die trotz unausgesetzten Verlustes konstante negative Ladung des Erdkörpers ergiebt. Dass auch die Existenz freier positiver Elektricität in den unteren Luftschichten, d. h. die Abnahme des Potentialgefälles mit der Höhe, weiterhin seine Zunahme im Bodennebel, ferner die wechselnde Eigenelektricität der Niederschläge aus der Theorie abzuleiten sind, ist schon erwähnt worden.

Es fragt sich nun, wie stellt sich diese Auffassung zu dem von Herrn F. Exner hervorgehobenen Zusammenhange zwischen dem Potentialgefälle und dem Wasserdampfgehalte der Luft und der von uns der Exnerschen Formel nachgebildeten Beziehung zur Intensität der Sonnenstrahlung?

Hierzu ist zunächst zu bemerken, dass sowohl der Exnerschen Theorie von der Konvektion der negativen Bodenelektricität durch den Wasserdampf, wie auch der von uns auf Grund zahlreicher Beobachtungsreihen empfohlenen photoelektrischen, durch die vom

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. 46, S. 533, 1898.

1) Nach einer in Wied. Ann. 69, S. 531, 1899 erschienenen Abhandlung ist Herr Heydweiller auf einem von dem unserigen völlig verschiedenen Wege ebenfalls zu dem Nachweise einer Ionenleitung der Luft gelangt.

Freiballon aus durchgeführte Erforschung des elektrischen Feldes der Atmosphäre der Lebensnerv durchschnitten ist. Die hierdurch nachgewiesene Anwesenheit freier positiver Elektricität in der Luft ist unverträglich mit den Theorien, die sich auf ein irgendwie geartetes Einströmen der negativen Bodenelektricität in die Luft gründen. Danach würde den genannten Formeln — entsprechend einer schon früher von uns ausgesprochenen Bemerkung — höchstens noch ein empirischer Wert zuzuerkennen sein. Aber auch dieser wird stark beeinträchtigt, wenn man bedenkt, dass die Formeln nur auf die Mittelwerte aus einer sehr grossen Anzahl von Messungen des Potentialgefälles anwendbar sind, während die Einzelbeobachtungen ganz beträchtliche Differenzen aufweisen. So scheint es, dass jene Gleichungen nicht viel mehr sagen, als dass mit steigendem Wasserdampfgehalte der Luft und zunehmender Sonnenstrahlung das Potentialgefälle durchschnittlich abnimmt. Eine gleiche Beziehung kann mit Erfolg auch für die Temperatur aufgestellt werden.[1]) So käme man in dem Bestreben, das Potentialgefälle von anderen meteorologischen Elementen abhängig darzustellen, schliesslich nur zu der bekannten, durch die jährliche Periodicität wiedergegebenen Erfahrung zurück.

Nach der Ionentheorie muss das Potentialgefälle klein sein, wenn die positiven Ionen der Luft beweglich genug sind, um zur Berührung mit der Erdoberfläche zu gelangen; werden sie in der Nähe des Bodens festgehalten, so steigt es an. Die Beweglichkeit (und Anzahl) der Ionen bestimmt aber auch die Grösse der Elektricitätszerstreuung, d. h. es muss im allgemeinen mit zunehmender Zerstreuung das Potentialgefälle sinken. Nun hat schon Herr Linss gefunden, dass der jährliche Gang des Zerstreuungskoefficienten in der That dem des Potentialgefälles entgegengesetzt verläuft, indem die Zerstreuung im Winter durchschnittlich kleiner als im Sommer ist.

Sehr deutlich zeigt sich der hierin liegende Zusammenhang an der früher von uns mitgeteilten Thatsache, dass mit zunehmender Lufttrübung (d. h. also abnehmender Leitfähigkeit der Luft) unter sonst gleichen Umständen das Potentialgefälle wächst.[2])

Auch die tägliche Periode wird im wesentlichen vielleicht auf eine Periode der Klarheit der Luft zurückkommen. Den an heiteren Tagen meist dunstigen Morgenstunden entsprechen die hohen Potentialwerte, die dann mit zunehmender Klarheit der Atmosphäre sich dem Minimum der Nachmittagsstunden nähern. Doch werden hier lokale Verhältnisse stark mitwirken müssen.

Eine eingehende Theorie der atmosphärischen Elektricität auf Grund der Ionisierung der Luft kann nur nach Beschaffung reicheren Beobachtungsmaterials über die Abhängigkeit dieser Eigenschaft von anderen meteorologischen Faktoren versucht werden, wobei festzustellen ist, wie weit die in der Natur vorhandenen Ionen der Atmosphäre mit den künstlich hervorgebrachten übereinstimmen. Es kam uns hier nur darauf an, zu zeigen, dass ein solcher Versuch Erfolg verspricht.

(Eingegangen 26. Januar 1900).

1) W. Braun, Messungen des Potentialgefälles der Luftelektricität in Bamberg. XVII. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft in Bamberg. Separatabdruck S. 29.

2) J. Elster und H. Geitel, Wien. Ber. 101. S. 824, 1892.

Der Einfluss einer Elektrisierung auf die Oberflächenspannung des Wassers und Quecksilbers.[1])

Von E. Merritt u. S. J. Barnett.

Seit man weiss, dass sich eine elektrische Ladung auf der Oberfläche eines Leiters befindet, liegt es nahe zu erwarten, dass die Elektrisierung einer Flüssigkeit eine Veränderung ihrer Oberflächenspannung hervorbringen muss. In der That giebt es viele wohlbekannte Erscheinungen, die eine solche Veränderung vermuten lassen. So dehnt sich eine Seifenblase, wenn sie elektrisiert wird, aus, ein Quecksilberkügelchen wird flacher, das Wellenmuster eines aus einer elliptischen Öffnung ausfliessenden Flüssigkeitsstrahles erscheint länger ausgezogen etc. Solche Erscheinungen rühren indessen unzweifelhaft zum grössten Teile von den elektrostatischen Kräften her, welche sich durch das Vorhandensein einer Ladung an der Flüssigkeitsoberfläche entwickeln. Es ist leicht einzusehen, dass bei einer konvexen Oberfläche die Wirkung elektrostatischer Kräfte sich ähnlich äussern wird, wie die, welche durch Veränderung der Oberflächenspannung hervorgebracht wird.

Zu bestimmen, ob zu dieser elektrostatischen Wirkung in der That eine Wirkung der Elektrisierung auf die Oberflächenspannung hinzukommt, müssen Untersuchungen nach solchen Methoden gemacht werden, welche die Berechnung einer rein elektrostatischen Wirkung möglich machen, sodass dieselbe von der Gesamtwirkung getrennt werden kann. Experimente, welche dieses Ziel verfolgen, sind von dem

1) Der Aufsatz wird demnächst ausführlich in Phys. Rev. erscheinen.

Einen von uns in einer früheren Mitteilung beschrieben worden.[1])

Die Resultate zeigten, dass die fragliche Wirkung, wofern sie überhaupt besteht, viel kleiner ist, wie man früher vermutete; aber da die Theorie der angewandten Methode zur Zeit der Veröffentlichung noch nicht völlig entwickelt war, so konnten damals keine bestimmteren Schlussfolgerungen gezogen werden. Es ist der Zweck der vorliegenden Mitteilung, die Diskussion dieser Experimente zu vervollständigen.

Für die Berechnung der Experimente im einzelnen müssen wir auf die erwähnte Abhandlung Bezug nehmen. Die Spannung der Flüssigkeitsoberfläche, ungeladen oder zu einer bekannten elektrischen Dichte geladen, war nach der Methode der Kapillarwellen untersucht worden, in einer Form, welche die Oberflächenspannung von unelektrisiertem Wasser mit einem Fehler von nicht über 0,05 Proz. ergab.

Wenn die Flüssigkeiten elektrisch geladen waren, positiv oder negativ, so wurde gefunden, dass die Geschwindigkeit der kapillaren Wellen geringer war, als wenn die Oberfläche unelektrisch war. Für Wasser würde dieser Unterschied bei einer Flächendichte von 1,75 elektrostatischen Einheiten einer Verringerung der Oberflächenspannung um ungefähr 4 Proz. entsprechen. Für Quecksilber war der sichtbare Unterschied bei einer Flächendichte von 2,33 geringer wie 1 Proz.

Man muss indessen beachten, dass die erwähnten Resultate nicht unbedingt das Vorhandensein einer wirklichen Änderung der Oberflächenspannung beweisen; denn die elektrostatischen Kräfte, welche auf einer geladenen Oberfläche wirken, würden eine Geschwindigkeitsabnahme der kapillaren Wellen verursachen, selbst wenn die Oberflächenspannung unverändert bliebe. Um zu entscheiden, ob eine wirkliche Änderung der Oberflächenspannung durch Elektrisierung statt hat, müssen wir die elektrostatischen Kräfte in Rechnung setzen, wenn wir die Beziehung zwischen der Oberflächenspannung und der Geschwindigkeit ermitteln.

Die Geschwindigkeit kapillarer Wellen zu bestimmen, haben wir die allgemeine Gleichung

$$\frac{\delta p}{\varrho} = -gh - \frac{d\varphi}{dt}\,^{2)}, \tag{1}$$

wo ϱ die Dichtigkeit der Flüssigkeit, h die Verrückung des betrachteten Punktes aus seiner Gleichgewichtslage, δp die entsprechende Zunahme des Druckes auf der Oberfläche, φ das Geschwindigkeitspotential und g die Beschleunigung der Schwerkraft ist.

Wenn δp nur von der Kapillarität herrührt, so ist

$$\delta p = -T\frac{\partial^2 h}{\partial x^2},$$

wo T die Oberflächenspannung ist; die Gleichung (1) wird damit

$$\frac{T}{\varrho}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = gh + \frac{d\varphi}{dt}. \tag{2}$$

Für den Fall flacher Sinuswellen in einer Flüssigkeit von genügender Tiefe, ergiebt für die Oberflächenspannung

$$T = \frac{\lambda^2\varrho}{2\pi}\left(\lambda n^2 - \frac{g}{2\pi}\right),$$

wo n die Schwingungszahl der Wellen ist. Wenn jedoch die Oberfläche der Flüssigkeit geladen ist, so kommt ein Druck von

$$-\frac{2\pi\sigma^2}{K}$$

zu dem von der Kapillarität herrührenden hinzu, wo σ die elektrische Oberflächendichte und K die Dielektricitätskonstante des Mediums ist, welches sich über den Wellen befindet. Anstatt der Gleichung (2) haben wir in diesem Fall daher

$$\frac{T}{\varrho}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{2\pi}{K\varrho}(\sigma^2 - \sigma_0^2) = gh + \frac{d\varphi}{dt}, \tag{3}$$

wo σ_0 die Oberflächendichte der ruhenden Oberfläche ist. Wegen der Methode, σ als eine Funktion von h zu bestimmen, muss auf die ausführliche Abhandlung verwiesen werden. Um eine intensive Ladung zu erhalten, wurde die Flüssigkeitsoberfläche zu dem einen Belage eines Luftkondensators gemacht; der andere Belag ward von einer im Abstand von 4 cm darüber festgehaltenen Metallplatte gebildet.

Unter diesen Bedingungen wurde gefunden, dass für Wellen von kleiner Amplitude

$$\sigma^2 - \sigma_0^2 = \frac{4\pi\sigma_0^2 h}{\lambda}$$

und die Gleichung (3) wird daher

$$\frac{T}{\varrho}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \left(g - \frac{8\pi^2\sigma_0^2}{K\lambda\varrho}\right)h + \frac{d\varphi}{dt}. \tag{4}$$

Vergleicht man diese mit Gleichung (2), so ersieht man, dass die Wirkung der Oberflächenelektrisierung die Geschwindigkeit der Wellen in demselben Sinne und in demselben Masse beeinflusst wie eine Verminderung der Schwerkraftbeschleunigung um $\frac{8\pi^2\sigma_0^2}{K\lambda\varrho}$.

Der vervollständigte Ausdruck für die Oberflächenspannung ist daher

1) Barnett, Phys. Rev. 9, S. 257, 1898.

2) Rayleigh, Treatise on Sound, vol 2, § 353 (II. Auflage).

(5) $$T = \frac{\lambda^2 \varrho}{2\pi}\left(\lambda n^2 - \frac{g}{2\pi}\right) + \frac{2\pi \sigma_0^2}{K}.$$

Die sichtbare Oberflächenspannung, d. h. der Wert von T der aus (3) erhalten wird, ist somit immer um den Betrag von $\frac{2\lambda\sigma_0^2}{K}$ geringer wie die wirkliche Oberflächenspannung. Mit Hilfe der experimentellen von Herrn Barnett erhaltenen Daten ist es nun möglich, die wahre Oberflächenspannung des Wassers und des Quecksilbers für verschiedene Werte der elektrischen Oberflächendichtigkeit zu berechnen.

Die Resultate sind in Tafel I u. II wiedergegeben, ausgedrückt in Bruchteilen der Oberflächenspannung der ungeladenen Flüssigkeiten.

Tafel I Wasser.

V Volt	σ_0 elektrostatische Einheit	T sichtbar	T verbessert
0	0,00	100,00%	100,00%
9000	0,58	99,61	100,06
12000	0,77	99,29	100,08
15000	0,97	98,98	100,23
18000	0,17	99,37	100,19
21000	1,36	97,69	100,15
24000	1,56	96,94	100,16
27000	1,74	96,13	100,13

Tafel II Quecksilber.

V Volt	σ_0 elektrostatische Einheit	T sichtbar	T verbessert
0	0,00	100,00%	100,00%
9000	0,70	99,92	100,01
12000	0,93	99,88	100,04
15000	1,17	99,83	100,08
18000	1,39	99,75	100,10
21000	1,63	99,61	100,10
24000	1,87	99,44	100,08
27000	2,09	99,25	100,05
30000	2,33	99,08	100,07

Die letzte Reihe der Tafel I giebt für die verbesserte Oberflächenspannung einer elektrisierten Wasseroberfläche Werte, welche um 0,06% bis 0,23% höher sind, als die der ungeladenen Oberfläche, also durchschnittlich ungefähr $^1/_7$% höher; während die entsprechende Reihe von Tafel II für die Spannung einer elektrisierten Quecksilberoberfläche um 0,01% bis 0,10% höhere Werte giebt, wie für eine nicht elektrisierte gelten, im Mittel also ungefähr $^1/_{15}$% höhere. Die Thatsache, dass die sehr kleine Änderung in keinem der beiden Fälle ein Gesetz befolgt, indem sie oft geringer bei hohen als bei niedrigen elektrischen Oberflächendichten ist, dürfte anzeigen, dass sie keine thatsächliche Bedeutung hat und ganz und gar experimentellen Fehlern zuzuschreiben ist.

Die vervollständigte Untersuchung schliesst demnach zwar nicht die Möglichkeit aus, mit verbesserten Methoden und noch stärkeren Ladungen eine Wirkung der Elektrisierung auf die Oberflächenspannung zu finden, giebt aber andrerseits auch keinen Anhaltspunkt, dass eine solche Wirkung wirklich vorhanden ist.

(Eingegangen 9. Febr. 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Über den Einfluss der Temperatur auf das Potentialgefälle in verdünnten Gasen.

Von G. C. Schmidt.

Einleitung. Die Verteilung des Energieverbrauches in verdünnten, von elektrischen Strömen durchflossenen Gasen bei gewöhnlicher Temperatur ist vielfach untersucht worden, sei es durch Messung der an verschiedenen Stellen abgegebenen Wärmemengen, sei es durch Ermittelung des Potentialgefälles. Dadurch dürften im wesentlichen die in den einzelnen Fällen massgebenden Grössen bestimmt sein. Dagegen fehlt es noch fast vollständig an Messungen in Gasen bei höheren und tieferen Temperaturen. Die einzigen, mir bekannten hierhin gehörigen Messungen rühren von M. Pandolfi[1]) her. Derselbe bestimmte aber nur die Abhängigkeit des gesamten Entladungspotentials zwischen den Elektroden bei den Temperaturen zwischen 20° und 110°. Ein tieferer Einblick in die Erscheinungen lässt sich aber allein durch Beobachtungen in den einzelnen Teilen der Entladung gewinnen.

Um diese Lücke auszufüllen, habe ich eine grosse Reihe von Messungen ausgeführt und zwar

1. über den Potentialgradienten im positiven Licht,
2. über das Kathodengefälle,
3. über den Potentialgradienten bei der dunklen Entladung und
4. über die Gesamtpotentialdifferenz bei verschiedenen Temperaturen.

Versuchsanordnung: Die Methode der Messung war die von Warren de la Rue und Müller,[2]) Hittorf,[3]) Warburg[4]) u. a. benutzte; in die von einem konstanten Strom durchflossene Gasstrecke waren mehrere Platin-

1) M. Pandolfi, Nuovo Cim. 5, S. 85—110, 1897. Beibl. 21, S. 778—779, 1897.

2) Warren de la Rue und Müller, Phil. Trans. 169, S. 165, 1873.

3) W. Hittorf, Wied. Ann. 20, S. 712, 1883

4) E. Warburg, Wied. Ann. 40, S. 1, 1890; siehe auch A. Herz, Wied. Ann. 54, S. 244, 1865.

drähte als Sonden eingesenkt. Die Potentialdifferenz zwischen den Sonden wurde mittels eines modifizierten Warburg'schen Elektrometers[1]) gemessen. Als Stromquelle diente eine Batterie von 1000 Akkumulatoren. In den Stromkreis waren Hittorf'sche Jodcadmiumwiderstände und ein Telephon zur Beurteilung der Kontinuierlichkeit des Stroms, sowie ein Spiegelgalvanometer eingeschaltet. Zum Erwärmen der Entladungsröhre diente ein gut mit Asbest ausgefütterter eiserner Kasten. Aus demselben ragten nur die beiden Enden mit den Elektroden und die Quecksilbernäpfchen, in welche die oberen Enden der Sonden tauchten, heraus. Ein Glimmerfenster erlaubte die Erscheinungen in der Entladungsröhre zu verfolgen. Die Temperaturen wurden an einem im Kasten befindlichen Thermometer abgelesen; Messungen wurden erst angestellt, wenn die Temperatur einige Zeit bis auf 1—2° konstant blieb.

Die Untersuchung blieb auf Stickstoff beschränkt. Zur Darstellung desselben wurde eine Lösung von Ammoniumnitrit durch Erhitzen zersetzt und das sich entwickelnde Gas in einem Glasgasometer aufgefangen. Um Spuren von Kohlensäure, Sauerstoff und den Wasserdampf zu entfernen, wurde es durch Kalilauge, Pyrogallussäure und schliesslich über Chlorcalcium und Phosphorpentoxyd geleitet.

Die Versuche wurden teils bei konstantem Druck, teils bei konstanter Dichte des Gases angestellt. Zu dem letzteren Zweck war möglichst nahe an der Entladungsröhre ein Kapillarhahn angebracht; war derselbe geschlossen, so blieb die Gasdichte konstant, wurde er geöffnet und dadurch die Verbindung zwischen der Entladungsröhre und den grossen Gefässen der Pumpe hergestellt, so blieb der Druck während des Erhitzens nahezu unverändert.

Änderung der Spektralerscheinungen bei sehr grossen Stromstärken, wobei auch die Temperatur des Gases stark steigt. Es wurde bei gewöhnlicher Temperatur ein konstanter Strom durch die Entladungsröhre bei einem solchen Druck geschickt, dass eine ungeschichtete Entladung auftrat. Die Kathode war mit bläulichem Licht bedeckt, das positive Licht sah rot aus und zeigte die bekannten Stickstoffbanden. Wurde die Stromstärke stark gesteigert, so nahm das rote positive Licht eine prachtvoll orange Farbe an. Der Charakter des Spektrums änderte sich nicht wesentlich; im letzteren Fall war nur das gelbe Band bedeutend intensiver, doch blieb selbst bei den grössten angewandten Stromstärken die Kannellierung erhalten. Messungen über den Potentialgradienten im orangefarbenen Licht waren leider nicht möglich, da die Kathode ausserordentlich rasch zerstäubte und die Entladungsröhre sehr heiss wurde.

Änderung der Erscheinungen im positiven Licht beim Erhitzen. Wir beschreiben jetzt die Veränderungen, welche eine Erhitzung bis zu 300° C. in den Entladungsröhren hervorruft, und zwar bei konstanter Dichte, also veränderlichem Druck.

Bei gewöhnlicher Temperatur füllt das rote Licht beinahe die ganze Röhre aus; der dunkle Trennungsraum trennt dasselbe von dem violetten Kathodenlicht, welches bei einem bestimmten Druck die Kathode nur halb bedeckt. Beim Erhitzen bis 130° zog sich das positive Licht zurück, der dunkle Raum wurde grösser und das rote positive Licht zerfiel in einzelne Schichten, die sich an die Sonden anlegten. Dieselben waren schlecht ausgebildet und waren von einander durch dunkle Räume getrennt. Bei Steigerung der Stromstärke wurden die Schichten intensiver und grösser. Wurde noch weiter erhitzt, so wurde die ganze Röhre dunkel, nur an der Anode und Kathode befanden sich noch kleine Lichtfünkchen. Die Erscheinung hatte das Aussehen, wie wenn bei sehr hohen Drucken die Entladung eben durch die Röhre zu gehen beginnt. Bei engen Röhren treten die Veränderungen erst bei höheren Temperaturen auf als bei weiten, und sind die Schichten viel besser ausgebildet. Offenbar spielt hierbei die Stromdichte eine Rolle. Vielfach bildeten sich auch Schichten zwischen den Sonden aus.

Ganz ähnliche Erscheinungen treten bei konstantem Druck auf.

Aus den Beobachtungen ergiebt sich somit: Sowohl bei konstantem Druck, als auch bei konstanter Gasdichte zerfällt bei gesteigerter Temperatur das ungeschichtete positive Licht in Schichten, die durch Steigerung der Stromstärke grösser, verwaschener und heller werden. Bei noch höheren Temperaturen zieht sich das positive Licht nach der Anode hin zurück, so dass schliesslich die Entladung eine dunkle wird.

Dass diese letztere Erscheinung nicht davon herrührt, dass bei diesen hohen Temperaturen die Gase nicht mehr zu leuchten vermögen, geht deutlich daraus hervor, dass, sobald man eine Funkenstrecke vor die Entladungsröhre schaltet, die ganze Röhre schön leuchtet.

Änderungen der Erscheinungen an der Kathode beim Erhitzen. Sehr auffällige Veränderungen zeigt das Glimmlicht, wenn man bei konstantem Druck erwärmt.

Bekanntlich wächst bei konstanter Temperatur mit wachsender Stromstärke die Länge des

1) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 66, S. 316, 1898.

Glimmlichts, während seine Dicke so lange ungeändert bleibt, als der Draht noch nicht ganz mit Glimmlicht bedeckt ist, und so lange bleibt auch, wie Herr W. Hittorf zuerst und später Herr Warburg gezeigt haben, das Kathodengefälle ungeändert. Hat das Glimmlicht sich über die ganze Kathode verbreitet, so wächst bei weiter gesteigerter Stromesintensität die Dicke des Glimmlichts und gleichzeitig das Kathodengefälle. Mit zunehmendem Druck wird das Glimmlicht kleiner und bedeckt schliesslich die Kathode nur an der Spitze.

Erhöhung der Temperatur bewirkt nun genau dasselbe wie Erhöhung der Stromstärke. Bei konstanter Gasdichte, also wenn der Druck zunimmt infolge der Erwärmung, kann unter besonders günstigen Umständen die Zunahme des Drucks den Temperatureinfluss kompensieren, sodass grössere Veränderungen nicht wahrzunehmen sind. Bei konstantem Druck wächst das Glimmlicht stets bei Erhöhung der Temperatur, selbst, wenn die Stromstärke ungeändert bleibt, und bedeckt schliesslich die ganze Kathode, zugleich flutet es weiter vom Draht ab.

Änderungen des Potentialgradienten im positiven Licht mit der Stromstärke bei höheren Temperaturen. Von Herrn Mebius[1]) und A. Herz[2]) ist nachgewiesen, dass der Gradient im positiven ungeschichteten Licht mit wachsender Stromstärke abnimmt, und zwar geradlinig, sodass man setzen kann

$$v = v_0 - b\,(i - i_0),$$

wo v_0 den Gradienten für $i = i_0$ und b eine von i unabhängige Grösse bedeutet, nämlich die Abnahme des Gradienten für die Zunahme 1 der Stromstärke, das ist für 1 Milliampère Stromzunahme.

Aus den bei verschiedenen Temperaturen angestellten Messungen ergab sich, dass der Gradient im positiven ungeschichteten Licht bei konstanter Gasdichte unabhängig von der Temperatur ist. Dies gilt aber nur so lange, als das Licht ungeschichtet ist. Sobald Schichten auftreten, was bei höheren Temperaturen stets eintrifft, gilt die geradlinige Beziehung zwischen Stromstärke und Potentialgradient nicht mehr.

Einfluss der Temperatur auf das Kathodenpotential. Von W. Hittorf[3]) ist nachgewiesen, dass das negative Glimmlicht bei der Zunahme der Stromstärke sich stetig über eine gewisse Fläche der Kathode ausbreitet. So lange ihm dies möglich ist, bleibt seine Dicke wie seine Spannungsdifferenz so gut wie unverändert. Sobald jedoch die ganze Kathode damit bedeckt ist, flutet es mit wachsender Stromstärke geradlinig weiter, und gleichzeitig steigt seine Spannungsdifferenz.

Um das Verhalten des Glimmlichts, falls die Kathode nicht ganz bedeckt ist, bei höheren Temperaturen zu untersuchen, wurde in eine 30 cm lange und 5 cm dicke Röhre eine Aluminiumkathode von 15 cm Länge und 2 mm Durchmesser eingekittet. Die Röhre wurde in dem eisernen Kasten erwärmt und die Beziehung zwischen Stromstärke und Kathodenpotential bei verschiedenen Temperaturen gemessen. Es ergab sich:

Das Kathodenpotential ist unabhängig von der Temperatur, so lange die Kathode noch nicht vollständig mit Glimmlicht bedeckt ist. Steigert man die Stromstärke, nachdem die Kathode schon ganz bedeckt ist, so nimmt das Kathodenpotential zu, und zwar geradlinig mit der Stromstärke zu. Eine Formel von der Gestalt: $v = v_0 + bi$, wo b eine Konstante bedeutet, stellt alle Beobachtungen dar. Die Geraden für die verschiedenen Temperaturen laufen ziemlich parallel miteinander, die kleinen Abweichungen hiervon rühren wohl nur davon her, dass bei höheren Temperaturen noch Wasserdampf sich von den Wänden freimacht, und dadurch der Stickstoff verunreinigt wird.

Einfluss der Stromstärke auf den Gradienten bei der dunklen Entladung. Wie oben beschrieben, ist die Entladung bei höheren Temperaturen eine dunkle. Der Gradient ist dann sehr klein. Aus einer grossen Anzahl von Messungen ergab sich:

1. Mit wachsender Stromstärke nimmt der Gradient zu.

2. Das Anwachsen des Gradienten mit der Stromstärke ist ein ziemlich starkes. Wächst z. B. die Stromstärke um das Zehnfache, so nimmt der Gradient ungefähr um das Doppelte zu.

Die dunkle Entladung zeigt also ein ganz anderes Verhalten als die leuchtende Lichtsäule. Während für letztere der Satz gilt, dass der Gradient mit wachsender Stromstärke abnimmt, findet bei der dunklen Entladung ein Annähern an das Ohmsche Gesetz statt.

Eine besondere Untersuchung muss zeigen, ob nicht bei noch höheren Temperaturen das Ohmsche Gesetz für Gasentladungen giltig ist. Es würde, falls dies der Fall ist, die Elektricitätsleitung in Gasen bei gewöhnlicher Temperatur aus der Superposition zweier Vorgänge bestehen, von denen der eine dem Ohmschen Gesetz gehorcht, der andere aber einem anderen Gesetz folgen müsste. Dies aufzuklären, soll die Aufgabe einer demnächst erscheinenden Arbeit sein.

1) Mebius, Wied. Ann. 54, S. 540, 1895.
2) A. Herz, Wied. Ann. 54, S. 249, 1895.
3) W. Hittorf, Wied. Ann. 20, S. 743, 1883.

Verteilung des Energieverbrauchs bei der dunklen Entladung. Es wurde eine Reihe von Messungen über die Potentialgradienten bei der dunklen Entladung an verschiedenen Stellen der Röhre angestellt. Die benutzten Röhren hatten zu dem Zweck 5 Sonden. Aus den Messungen ergab sich:

1. Bei konstanter Gasdichte nimmt der Gradient mit der Temperatur zu.

2. Bei konstantem Druck nimmt der Gradient mit der Temperatur ab.

3. Der Gradient nimmt von der Anode nach der Kathode zu ab.[1])

4. Der Gradient ist ungefähr proportional der Entfernung von der Kathode. Dividiert man z. B. den Gradienten durch die Entfernung der Mitte zwischen den beiden Sonden von der Kathode, so erhält man bei der ersten Beobachtungsreihe Zahlen, die zwischen 1,1 bis 1,4, und bei der dritten Beobachtungsreihe Zahlen, die zwischen 1,3 bis 1,7 schwanken. Ob diese Regel strenge gilt, müssen noch weitere Versuche, bei denen die Entfernung zwischen den Sonden kleiner ist als wie bei den bisher angewandten Röhren, zeigen.

Einfluss der Temperatur auf die Gesamtpotentialdifferenz. Aus den im vorhergehenden mitgeteilten Erscheinungen und den dabei gemessenen Gradienten lässt sich ein Schluss auf die Änderung der Gesamtpotentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden mit der Temperatur ziehen. Da der Gradient im positiven ungeschichteten Licht und der an der Kathode, so lange dieselbe nicht vollständig bedeckt ist, unabhängig von der Temperatur ist, und nur das positive Licht beim Erwärmen sich zurückzieht, so nimmt die Gesamtpotentialdifferenz anfangs langsam ab, um, sobald das positive Licht ganz verschwunden ist, auf sehr kleine Werte zu sinken. Für den weiteren Verlauf der Erscheinungen sind zwei Fälle zu beachten. Bleibt die Dichte konstant, wobei der Gradient bei der dunklen Entladung mit der Temperatur zunimmt, so steigt die Gesamtpotentialdifferenz. Ist der Druck konstant, wobei der Gradient mit der Temperatur abnimmt, so nimmt die Gesamtpotentialdifferenz ab, bis die Kathode ganz bedeckt ist und dadurch ein plötzlicher Sprung in dem Kathodengefälle auftritt. In beiden Fällen haben wir also einen Umkehrpunkt.

1) Dies Ergebnis hat W. P. Graham (Wied. Ann. 64, S. 76, 1898) für den dunklen Raum bereits gefunden.

Die Messungen bestätigten dies. Zugleich ergab sich aus denselben:

Mit steigender Temperatur nimmt die Gesamtpotentialdifferenz anfangs langsam, dann rasch ab, erreicht ein Minimum, um dann wieder zu steigen.

Das Minimum des Potentials liegt bei ein und derselben Röhre bei einer um so niedrigeren Temperatur, je geringer das Anfangspotential, oder, was dasselbe ist, je geringer der Anfangsdruck ist.

Schluss: Die vorliegende Untersuchung, welche unternommen wurde, um einen allgemeinen Überblick über die Änderung der Erscheinungen mit der Temperatur und die dabei in Betracht zu ziehenden Grössen zu gewinnen, kann natürlich nicht als eine endgiltige Lösung aller sich neu aufdrängenden Fragen angesehen werden. Sie weist aber mit Bestimmtheit darauf hin, dass bei höheren Temperaturen eine Reihe von bei gewöhnlicher Temperatur auftretenden Komplikationen wegfallen, sodass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass man auf diesem Wege zu einfachen Gesetzen gelangen kann.

Die dunkle Entladung, die bei höheren Temperaturen auftritt, scheint die normale zu sein, wie ja auch schon Faraday die Entladung überhaupt als eine „dunkle" bezeichnete. Jedenfalls ergiebt sich aus der vorliegenden Untersuchung, dass das rote positive Licht mit der Stromüberführung nichts zu thun hat. Wahrscheinlich lagern sich bei gewöhnlicher Temperatur über den Strom noch Wellen, die beim Erhitzen verschwinden. Nur die letzteren rufen das Luminescenzlicht hervor.

Erlangen, 18. Febr. 1900. Physikal. Institut.

(Eingegangen 20. Febr. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

L. Boltzmann, Gedenkrede auf Joseph Loschmidt, gehalten am 29. Oktober 1895 in der Chemisch-Physikalischen Gesellschaft in Wien.[1])

Meine Herren!

Sie haben mir in diesen Räumen schon öfters das Wort erteilt, um Ihnen den einen oder anderen Baustein vorzuführen, wie wir sie

1) Wir haben von Herrn Boltzmann die Erlaubnis zum Abdruck dieser schon 1895 gehaltenen Rede erbeten, weil sie uns mit der in No. 14, 15 abgedruckten Festrede ein untrennbares Ganzes zu bilden scheint. Herr Boltzmann ist unserer Bitte mit dankenswerter Bereitwilligkeit entgegengekommen. Die Herausgeber.

ohne Unterlass dem Baue der Wissenschaft angliedern, unbekümmert darum, ob sie im Laufe der Jahrhunderte noch bemerkbar sein oder im Massiv des Baues einzeln dem Auge entschwinden werden. Wenn nur jeder seinen Platz ausfüllt, so thut er seine Schuldigkeit. Aber heute haben Sie mich nicht um dessentwillen berufen, sondern um einem meiner teuersten Freunde das letzte Wort ins Grab nachzurufen, unserem am 8. Juli dieses Jahres verstorbenen Professor Loschmidt.

Wenig beredt ist zumeist der Schmerz. Aber wohl mir! Die Arbeiten Loschmidts sind nicht bloss einzelne Bausteine wie die oben beschriebenen, sondern sie bilden eine mächtige Ecksäule, weithin sichtbar, so lange es eine Naturwissenschaft geben wird.

Eine Arbeit Loschmidts, die Berechnung der Grösse der Luftmoleküle, wurde aus Anlass seines Todes in letzter Zeit in den Zeitungen wieder viel besprochen. In einem Kreise von Physikern und Chemikern ist es wohl nicht nötig, auf die Principien dieser Berechnung und ihre Bedeutung für die Wissenschaft hinzuweisen, ebensowenig auf einige später von anderen ausgeführte ähnliche Berechnungen, welche aber erst durch Lord Kelvins berühmte Abhandlung „On the size of molecules" zu allgemeiner Anerkennung gelangten. Später wurden noch die verschiedensten Berechnungen dieser Grösse nach den mannigfaltigsten Methoden ausgeführt, so dass ich selbst die Titel aller betreffenden Abhandlungen hier nicht aufzählen könnte. Nur eines ist ihnen allen gemein, dass sie durchwegs auf die zuerst von Loschmidt gefundene Zahl führen, wodurch dieselbe eine fast an Gewissheit grenzende Evidenz erhielt.

Die Berechnung dieser Zahl ist meines Erachtens die grösste aber keineswegs die einzige wissenschaftliche Leistung Loschmidts. Selbst in mehr populären Darstellungen, so in der von Lord Salisbury zu Oxford gelesenen und nun auch in französischer Übersetzung erschienenen „Presidents adress" oder in Ostwalds Vortrag „Über Energetik" zu Lübeck, ist in neuester Zeit viel von demjenigen Zustande des Lichtäthers die Rede, welchen Lord Kelvin den quasi labilen nannte. Damit verhält es sich so: Das Licht kommt jedenfalls durch Schwingungen und zwar nicht wie der Schall durch longitudinale sondern durch transversale zustande. Der Lichtäther kann daher nicht wie unsere Gase oder tropfbaren Flüssigkeiten nur longitudinaler Schwingungen fähig sein. Man legte ihm deshalb naturgemäss anfangs die Eigenschaften fester Körper bei, bis Lord Kelvin nachwies, dass man, um alle Eigenschaften des Lichtes zu erklären, den Elasticitätsmodul dieses festen Körpers negativ annehmen muss. Ein solcher Körper hätte dann, obwohl seine Teilchen nicht leicht gegeneinander verschiebbar sind, bezüglich der Ausdehnsamkeit eine gewisse Verwandtschaft mit den Gasen. Ein begrenztes Stück desselben könnte nicht existieren, da es sofort unseren Händen entschwinden und sich ins Unendliche ausdehnen müsste. Trotzdem wäre nicht ausgeschlossen, dass der Lichtäther diese Beschaffenheit hätte, denn dieser kann uns ja nicht durch weitere Ausdehnung entschwinden, da er ohnehin schon durch den ganzen unendlichen Raum ausgedehnt ist.

Dies alles hat Lord Kelvin unlängst durch wundervolle Rechnungen nachgewiesen; aber er war nicht der erste, der es that; etwa 30 Jahre früher schon hatte Loschmidt Ideen, die im wesentlichen auf dasselbe hinauslaufen, in seiner Abhandlung „Über die Konstanten des Lichtäthers" entwickelt. Diese ist nicht in einer Zeitschrift erschienen, sondern als selbständige Broschüre gedruckt und, wie ich glaube, im Buchhandel gar nicht mehr vorrätig.

Lamé, der sich ja selbst so viel mit Optik beschäftigte, schenkte ihr Beachtung. Es existieren einige Briefe, die er darüber an Loschmidt schrieb. Ausserdem wird sie meines Wissens nur in einem Referate der „Fortschritte der Physik" erwähnt, aber dort ohne Verständnis und in einer so wegwerfenden Weise kritisiert, dass sich damals Loschmidt darüber ärgerte, dass es aber heutzutage höchstens dem betreffenden Referenten zur Unehre gereichen kann.

Eine andere wiederum höchst originelle Leistung Loschmidts ist in seinen Arbeiten über den II. Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie niedergelegt. Ganz der idealen Natur dieses Gelehrten entspricht der Feuereifer, mit dem er bemüht war, das Universum von dem sogenannten Wärmetode durch die Dissipation der Energie zu erretten, womit es durch die Untersuchungen von Clausius und Lord Kelvin bedroht wurde. Diese Rettung, wenn sie überhaupt notwendig sein sollte, ist ihm nicht gelungen, aber er gelangte bei ihrem Versuche doch zu höchst interessanten Resultaten, indem er hierbei zur Anwendung des II. Hauptsatzes auf die Theorie der Lösungen und chemischen Verbindungen geführt wurde. Er war in dieser Beziehung ein Vorläufer von Horstmann und Gibbs, deren gewaltige Leistungen sicher beschleunigt worden wären, wenn ihnen Loschmidts Arbeiten bekannt gewesen wären. Um die Resultate seiner diesbezüglichen Untersuchungen durch das Experiment zu prüfen, stellte er im Keller des physikalischen Institutes in der Erdbergstrasse drei riesige, mit Salzlösungen gefüllte Glasröhren auf. Es sollte bestimmt werden, ob sich im Verlaufe der Zeit zwischen den obersten und untersten Schichten

der Lösungen ein Konzentrationsunterschied herausbilden werde. Mit der Berechnung der Länge der hierzu erforderlichen Zeit kam er erst nach Aufstellung der Röhren zu Ende und fand dafür rund 3000 Jahre. Zucken Sie hierüber nicht die Achseln; vor einigen Monaten hat Des Coudres behufs eigener in gewisser Hinsicht analoger Versuche Rechnungen von ganz gleicher Art publiciert, und die Professoren Voigt und Nernst waren nicht wenig erstaunt, als ich ihnen erzählte, dass Loschmidt vor so langer Zeit mit den damaligen Mitteln schon das gleiche Resultat zu erhalten imstande war.

Da der II. Hauptsatz von dieser Seite unangreifbar schien, versuchte es Loschmidt mit anderen Mitteln. Viel beschäftigte ihn die Idee des Umkehrens alles Geschehens, die von Professor Mach durch die Geschichte des Krebses im Mohriner See so drastisch illustriert wurde, der zwar noch nicht den Weltlauf aber bis heute schon wiederholt die Köpfe zahlreicher theoretischer Physiker in Verwirrung brachte.

Ein anderes Mal fingierte er winzige intelligente Wesen, welche imstande wären, die einzelnen Gasmoleküle zu sehen, mit irgendeiner Vorrichtung die langsamen von den schnellen zu trennen, und so, wenn alles Geschehen in der Welt aufgehört hätte, neue Temperaturdifferenzen zu schaffen. Bekanntlich wurde dieselbe von Loschmidt nur in ein paar Zeilen einer Abhandlung angedeutete Idee viel später in Maxwells Wärmetheorie vorgebracht und dann vielfach besprochen. Ich wollte sie aber schon damals nicht gelten lassen und wandte dagegen ein, dass wenn alle Temperaturungleichheiten aufgehört hätten, auch keine intelligenten Wesen sich mehr bilden könnten. In einem Keller von durchaus gleichförmiger Temperatur, sagte ich, kann keine Intelligenz bestehen. Als wäre es heute, so sehe ich Stefan vor mir, der unserem lebhaften Streite schweigend zugehört hatte und nun lakonisch bemerkte: „Nun weiss ich, warum Ihre Versuche mit den grossen Glasröhren im Keller so kläglich gescheitert sind."

Verzeihen Sie, wenn ich heute, da wir Loschmidt beweinen, Ihnen das eine oder andere der Scherzworte aus jener Zeit erzähle. Diese scheinen mir mit Loschmidts kindlichem Gemüte, das trotz eines gewissen Hanges zum Schwärmerischen doch voll echten Humors war, nicht minder innig verbunden, als seine Entdeckungen mit seinem Geiste. Wie zahllose am Himmel verstreute Wölkchen noch den Glanz der gesunkenen Sonne widerspiegeln, bis auch sie verblassen, so stehen jene Ausflüsse harmloser Heiterkeit jetzt nach Loschmidts Tode noch leuchtend vor meiner Seele.

Dass Loschmidt auch meisterhaft experimentieren konnte, beweist seine Untersuchung über die Diffusion von Gasen ohne poröse Scheidewände. Es gelang ihm da die Lösung eines Problems, an dem sich Graham und Bunsen vergeblich abgemüht hatten: freilich in so einfacher Weise, dass uns das Problem heute gar nicht mehr schwierig vorkommt, und dass später leicht von vielen anderen nach Loschmidts Methode zahlreiche neue wichtige Experimentaluntersuchungen angestellt werden konnten. Auf diese Versuche hat Loschmidt selbst grossen Wert gelegt und er erzählte einmal Stefan mit Stolz, dass er schon für die erste Skizze seines Apparates 10 Gulden bekommen hatte. Dieses Rätsel löste sich dahin, dass er mir diese Skizze einmal abends beim alten Blumenstöckel in Ermangelung anderen Papieres auf die Rückseite einer Zehnguldennote vorgezeichnet hatte, die damals noch nicht wie heute magyarisiert war. Gleich nachdem er die Idee gefasst hatte, ging er an die bei der Beschränktheit der ihm damals zu Gebote stehenden Mittel besonders schwierige Arbeit. Es musste eine so grosse Zahl von Schiebern, Hähnen, Recipienten etc. geschmiert und gedichtet werden, dass er einmal sagte, er fürchte ernstlich, dass seine Versuche eine verhängnisvolle Preissteigerung des Schweinefettes, des einzigen Dichtungsmittels der damaligen Zeit, zur Folge haben könnten.

Aber schliesslich hatte er vollen Erfolg. Also nicht überall fehlte das Gelingen, aber es fällt mir gar nicht ein, hier etwas anderes als die reine Wahrheit zu sagen, und deshalb scheue ich mich keinen Augenblick, auszusprechen, dass in der Mehrheit der Fälle seine Versuche misslangen, teils wegen der Unzulänglichkeit der Mittel, teils aber weil seine Versuche meist zu fein ersonnen und deshalb die Chancen ihres Gelingens zu klein waren. Als ich ihm dies einmal vorhielt, citierte er den Ausspruch Faradays, dass nur der Grosses finde, der Unwahrscheinliches versuche.

Übrigens schlug er in heiterer Selbstironie einmal vor, in Wien ein negatives wissenschaftliches Journal, ein Journal für lauter misslungene Experimente zu gründen. Meine Herren, er ahnte damals selbst nicht, wie interessant es gewesen wäre, wenn er aus diesem Scherze Ernst gemacht hätte. Ich will Ihnen heute einiges sagen, was in dem Journale gestanden wäre. Leider ist die Franklinsche Tafel nicht mehr aufbewahrt, durch welche Loschmidt, nachdem er sie zwischen zwei Nicolsche Prismen gestellt hatte, während der Ladung und Entladung parallel den Seitenflächen durchsah, und auch die Kupferplatte nicht, welche er, genau in derselben Weise montiert, wie es heute behufs Beobachtung des Hall-Effektes geschieht,

in ein starkes magnetisches Feld brachte. Wäre im ersten Falle die Glasplatte homogener, im zweiten Falle die Kupferplatte dünner oder durch eine Wismutplatte ersetzt gewesen, so hätte sich sofort das Kerrsche respektive Hallsche Phänomen gezeigt.

Die von Maxwell, Kirchhoff und Thomson berechnete Theorie der elektrischen Schwingungen beschäftigte uns damals lebhaft. Loschmidt liess Funken zwischen zwei Metallkugeln überspringen und gab sich viel Mühe, das elektrische Mitschwingen zweier genau gleichbeschaffener, in erheblicher Entfernung davon befindlicher Kugeln durch feine Fünkchen zwischen denselben sichtbar zu machen, aber auch diese Versuche misslangen vollständig.

Ich bin selbstverständlich weit davon entfernt, in allen diesen Dingen irgend eine Priorität für Loschmidt beanspruchen zu wollen. Zur Entdeckung gehört vor allem die wirkliche Ausführung der Idee; aber Sie werden mich richtig verstehen, wenn ich sage, dass es kaum einen anderen Menschen gegeben hat, dem so Grosses misslungen ist. Welcher Ideenreichtum gehörte dazu, alle diese Entdeckungen vorauszusehen!

Noch eine Geschichte will ich erzählen. Loschmidt hatte mir und Stefan einmal ausführlich von seinem Plane gesprochen, die Schwingungsrichtung im polarisierten Lichte durch Interferenz zweier aufeinander senkrechter polarisierter Lichtstrahlen zu ermitteln. Bald darauf las Stefan in den Sitzungsberichten der Pariser Akademie vom 18. Mai 1868, S. 932, dass dieselbe einem Autor, dessen Namen nicht genannt war, für diese Idee einen Preis von 2000 Francs verliehen hatte. Ich und Stefan gratulierten Loschmidt bei seinem Eintritte ins Institut. Es hatte aber nicht er, sondern wie sich später herausstellte ein Herr Jenker aus Berlin zur gleichen Zeit der Pariser Akademie dieselbe Idee als Preisschrift zugesandt.

(Schluss folgt.)

REFERATE.



A. Föppl, München. Die Abhängigkeit der Bruchgefahr von der Art des Spannungszustandes. (Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 527 und 541.)

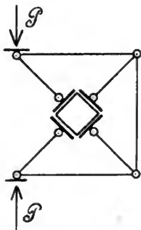
Bei Angaben über die Festigkeit eines Körpers wird häufig angenommen, dass zwei der drei Hauptspannungen gleich Null sind. Wie aber die Bruchgefahr beim allgemeinen Spannungszustande, d. h. wenn keine der drei Hauptspannungen gleich Null ist, zu bemessen sei, darüber gehen die Ansichten noch recht weit auseinander. Von den drei älteren Annahmen setzt die erste voraus, dass die grösste Hauptspannung, die zweite, dass die grösste specifische Dehnung, und die dritte, dass die grösste Schubspannung (Winkeländerung) für die Bruchgefahr massgebend sei. In technischen Kreisen rechnet man unter dem Einfluss von Grashof ziemlich allgemein mit der zweiten Annahme.

Unter den neueren Forschern, die zu ganz anderen Ergebnissen gekommen sind, ist zunächst Mohr (Civilingenieur, 1882, S. 113) zu erwähnen, der jede Beanspruchungsart durch einen bestimmten Kreis wiedergiebt. Der Bruchgrenze entspricht eine aus dem Versuche zu ermittelnde Kurve derart, dass alle Spannungszustände, deren Kreis die Grenzkurve nicht erreicht, auch keine Bruchgefahr herbeiführen. Wehage (Mitt. aus den techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1888, S. 89) bestreitet auf Grund von Biegungsversuchen an Platten, dass ein Zug in einer Querrichtung zur Verminderung der durch Zug in der Längsrichtung hervorgerufenen Bruchgefahr führen soll und hält das Umgekehrte für richtig. Wertvolle Versuchsergebnisse zur Beurteilung unserer Frage hat Professor Voigt-Göttingen beigebracht (Wiedem. Ann., Bd. 53, S. 43, 1899 und Bd. 67, S. 452, 1899). Angeregt namentlich durch diese Versuche hat Föppl eine Reihe von Versuchen vorgenommen, die zur Klärung beitragen sollen.

Die Wirkung eines nach allen Seiten gleich grossen Druckes untersuchte er, indem er in einem starken Stahlcylinder Probekörper aus Stein, Cement, Holz und Metallen in Form von Würfeln, Cylindern und Kugeln durch einen wohl abgedichteten Kolben einem allseitigen Flüssigkeits- (Ricinusöl-) Druck bis zu 3500 kg qcm aussetzte. Sandsteinwürfel wurden hierbei in zwei oder mehr Platten durch Bruchflächen, die nach dem Lager verlaufen, gespalten. Cylinder aus Cement wurden ebenfalls gespalten. Wird ihre Oberfläche mit Schellackfirnis angestrichen, so scheinen die Brüche häufiger und bei geringeren Lasten aufzutreten. Bei Cementwürfeln, die mehrere Jahre alt waren, wurden die Ecken abgedrückt, so dass ein nahezu kugelförmiger Kern übrig blieb. Bei Cementwürfeln, die aus der Mitte grösserer, ebenfalls mehrere Jahre hindurch aufbewahrter Stücke herausgearbeitet waren, trat ein Bruch niemals ein.

Holzwürfel waren senkrecht zur Richtung

der Faser stark zusammengedrückt, in der Längsrichtung der Faser dagegen etwas verlängert. Bei Gusseisen konnten bleibende Zusammendrückungen gar nicht, bei Walzkupfer und Zinn unerheblich, bei Blei- und Aluminiumwürfeln dagegen in erheblichem Masse nachgewiesen werden. Abgesehen von den metallischen Probekörpern wurde durch den hohen Flüssigkeitsdruck in alle mehr oder weniger Flüssigkeit eingepresst, so dass man eine hierdurch entstehende Sprengwirkung annehmen kann. Doch neigt Föppl unter Vorbehalt, dass weitere Versuche ausgeführt werden, der Ansicht



zu, dass die Zerstörung durch die Verschiedenheit der Druckfestigkeit in den verschiedenen Richtungen veranlasst wurde.

Bei einem weiteren Spannungszustande, bei dem zwei Hauptspannungen Druckspannungen von gleicher Grösse, die dritte Hauptspannung aber gleich Null ist, sucht Föppl die Festigkeit, die er „Umschlingungsfestigkeit" nennt, zu bestimmen. Er spannt dazu die würfelförmigen Probekörper in ein Druckkreuz nach Figur ein. Dadurch, dass von der Festigkeitsmaschine auf die Druckköpfe des Kreuzes die Kraft P übertragen wird, erhält jede der vier beanspruchten Würfelflächen den Druck $P\sqrt{2}$. Wird ein Cementwürfel im Druckkreuz ohne weitere Vorkehrung zerdrückt, so wird die Umschlingungsfestigkeit $\left(\frac{P_{max}\sqrt{2}}{\text{Würfelfläche}}\right)$ fast doppelt so hoch (70 bis 90 v. H. höher) gefunden als die auf gewöhnliche Art ermittelte Druckfestigkeit. Allein dabei spielt die Reibung zwischen den Würfelflächen und den Druckplatten eine grosse Rolle. Um diese zu beseitigen, wandte Föppl eine Schmiere aus 75 Teilen Stearin und 25 Teilen Talg an, die auf die Würfel in einer Dicke von $^1/_2$ bis 1 mm aufgetragen wird. Der Bruch erfolgt dann ohne jegliches Bruchgeräusch, indem der Probewürfel in 2 bis 5 Platten zerlegt ist und zwar durch Bruchflächen, die zumeist ziemlich genau eben gestaltet und parallel zur Kraftebene gerichtet sind.

Natürlich können diese Versuche mit gewöhnlichen Druckversuchen nur dann verglichen werden, wenn auch bei diesen die Schmierung angewendet wurde. Geschmierte Würfel aus Cement besitzen eine Druckfestigkeit, die nur die Hälfte, solche von natürlichen Steinen eine Druckfestigkeit, die nur $^1/_3$ oder gar $^1/_4$ der bei ungeschmierten Würfeln beobachteten Werte beträgt. Der Würfel zerfallt auch nicht mehr in die bekannten Pyramiden, sondern es entstehen Spaltungsflächen, die parallel zur Kraftrichtung gehen, sonst aber unregelmässig sind. Ähnliche Erscheinungen hat man schon früher beobachtet, wenn man zwischen die Druckflächen von Steinwürfeln und die Druckplatten Beilagen aus Blei oder ähnlichen Stoffen einlegte. Man hat sie durch Einpressen des Bleis in die Probestücke, also durch Sprengwirkung erklärt. Auch hier und ebenso bei den Umschlingungsversuchen steht diese Erklärung offen, doch giebt das Aussehen der Bruchfugen keinen Anhalt dafür. Immerhin ist der Einwand nach der Ansicht von Föppl ein ernster, und so muss es zweifelhaft bleiben, ob durch Versuche mit geschmierten Druckflächen die wahren Werte der Druck- und Umschlingungsfestigkeit wirklich gefunden werden. Nimmt man letzteres an, so würde sich ergeben, dass die Umschlingungsfestigkeit bei Cement, Sandstein und Granit im Mittel ziemlich genau mit der Druckfestigkeit übereinstimmt. Die Übereinstimmung beider Werte liesse sich aber gerade auch aus der Sprengwirkung erklären. Föppl hält einstweilen die erstere Deutung für die wahrscheinlichere.

Zum Schlusse erwähnt Föppl noch die Ergebnisse seiner Biegungsversuche mit kreisförmigen Eisenplatten, die am Umfange allseitig frei aufliegen. Der nach den theoretischen Formeln hieraus berechnete Elasticitätsmodul ergab sich um 7 v. H. niedriger als derjenige, der aus Biegungsversuchen mit balkenförmig gelagerten Eisenblechstreifen abgeleitet war. Dieses Ergebnis kann daher rühren, dass gleichzeitig zwei Hauptspannungen auftreten, aber auch daher, dass die bei der Rechnung benutzte Poissonsche Konstante $m = 3^1/_3$ ungenau ist.

Göttingen, den 21. Decbr. 1899.

E. Meyer.

C. v. Bach, Zur Frage: Besteht bei Sandstein Proportionalität zwischen Dehnungen und Spannungen? (Zeitschr. des Vereines deutsch. Ing. 1899, S. 1402.)

Zur Deutung der in der Physikalischen Zeitschrift I, S. 190 mitgeteilten Grüblerschen Versuche über die Festigkeit von rotierenden Schleifsteinen ist diese Frage von Wichtigkeit, denn die Formeln von Grübler beruhen auf der Annahme, dass für die von ihm unter-

suchten Sandsteine Spannung und Dehnung proportional sind.

v. Bach findet für einen Sandsteinkörper von 2,25 specifischem Gewicht, von 301,15 qcm Querschnitt und 350 mm Messlänge auf Grund einer Zugprobe folgende Zahlen:

Belastung in kg gesamte	kg/qcm	Dehnung in $^1/_{1200}$ cm gesamte	bleibende
40,8	0,135		
1290,8	4,286	1,71	—
2540,8	8,437	4,20	—
3790,8	12,589	7,13	—
5040,8	16,739	10,59	—
40,8	0,135	—	2,02

Dehnungsunterschied für je 4,151 kg/qcm Spannungsunterschied

1,71
2,49
2,93
3,46

Die Dehnungen wachsen also bei dem untersuchten Sandstein weit rascher als die Spannungen. Auf der vierten Belastungsstufe ist die Dehnung sogar reichlich doppelt so gross als auf der ersten. Der Dehnungskoefficient (reciproke Wert des Elasticitätsmodul) nimmt somit innerhalb des untersuchten Spannungsbereiches auf über das Doppelte zu. Infolgedessen fällt bei rotierenden dickwandigen Hohlcylindern die Beanspruchung der innersten, am stärksten angestrengten Faser erheblich geringer aus, als sie sich aus den Grüblerschen Gleichungen unter Annahme des konstanten Elasticitätsmoduls berechnet. Dehnungsversuche mit dem von Professor Grübler untersuchten Sandsteinmaterial stehen bevor.

Göttingen, den 21. Decbr. 1899.

E. Meyer.

A. Martens, Zur Frage der Abhängigkeit der Bruchgefahr von der Art des Spannungszustandes. (Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 590.)

Martens ist der Ansicht, dass bei den eben genannten Föpplschen Druckversuchen mit Schmierung jedenfalls eine Sprengwirkung stattgefunden hat. Diese Wirkung hat Bauschinger in seinen Arbeiten seit 1873 bereits ausführlich erörtert (s. Handbuch der Materialienkunde von Martens, Abs. 105, 167 und 250). Martens führt folgenden Versuch aus: Wird ein in seinen Endflächen fein polierter Bleiwürfel mit einer Spiegelglasplatte als Zwischenlage einem Druck von 350 bis 450 kg/qcm ausgesetzt, wobei 4 mm bleibende Höhenverminderung entsteht, so wird die Bleidruckfläche sehr schwach konvex gewölbt (wegen der Durchbiegung der auf einem dünnen Papier auf der Druckplatte der Maschine liegenden Glasplatte), bleibt aber vollkommen glatt und spiegelnd. Wird aber in der Mitte der spiegelglatten Bleifläche eine wenig zähe Schmiere aus Wachs und Vaseline aufgetragen, die sich nachher gleichmässig verteilt, so zeigen sich bei Ausführung des gleichen Druckversuches auf der Druckfläche des Bleikörpers scharf geprägte Furchen, als ob das Gefüge durch eine saubere Ätzung in seinen Einzelheiten freigelegt sei. Die Furchen sind in der Mitte tiefer als am Rande, die Druckfläche ist jetzt schwach konkav. Dies rührt ohne Zweifel von dem Flüssigkeitsdruck der Schmiere her. So wie die letztere hier eine Wirkung auf die Oberfläche ausübt, entsteht aber sicherlich durch ihre Einwirkung eine Sprengwirkung selbst bei homogenen Körpern.

Göttingen, den 21. Decbr. 1899.

E. Meyer.



G. Bredig und R. Müller von Berneck, Über anorganische Fermente.[1])

I. Die Platinkatalyse und die chemische Dynamik des Wasserstoffsuperoxyds.

Katalyse ist nach Ostwalds Definition die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorganges durch die Gegenwart eines fremden Stoffes. Von der allergrössten Wichtigkeit sind derartige Reaktionsbeschleunigungen in der biologischen Chemie, wo dieselben überaus verbreitet sind und durch organische und organisierte oder anders ausgedrückt, durch ungeformte und geformte Fermente hervorgerufen werden. Die Wichtigkeit dieser katalytischen Reaktionen ist eine so grosse, dass C. Ludwig in seinem Lehrbuch der Physiologie schreibt: „Es dürfte leicht dahin kommen, dass die physiologische Chemie ein Teil der katalytischen würde."

Es ist nun aber eine schon längst bekannte Thatsache, dass es in der anorganischen Chemie Vorgänge giebt, welche in ganz auffallender Analogie zu den Fermentwirkungen der organischen Welt stehen, dieses sind namentlich die Kontaktwirkungen feinverteilter Metalle, z. B. des Platinmohr. Auch die schon längst bekannten kolloidalen Metalllösungen wirken heftig katalysierend. Nachdem nun Bredig 1898 reine kolloidale Metalllösungen durch Zerstäubung von Metalldrähten in reinem Wasser mit Hülfe des elektrischen Lichtbogens herzu-

1) Zeitschr. physik. Chem. 31, 258, 1899.

stellen gelehrt, hat man die Möglichkeit in der Hand, die Wirkungen der kolloidalen Metalle durch Verdünnen ihrer Lösungen beliebig zu variieren und nunmehr quantitativ diese Vorgänge mit Hülfe der Methoden der chemischen Kinetik zu verfolgen. Die Verfasser führen diese Untersuchung am Wasserstoffsuperoxyd durch, dessen Zerfall unter dem Einfluss Bredigscher Platinflüssigkeit sie eingehend studieren. Die Ähnlichkeit dieses Vorganges mit den organischen Fermentwirkungen findet sich nicht nur bestätigt, sondern es findet sogar eine unerwartet weitgehende Analogie beider statt. Die Beschleunigung der Wasserstoffsuperoxydzersetzung findet noch in einer Verdünnung von 1 Grammatom Platin auf etwa 70 Millionen Liter Wasser in merkbarer Weise statt. Der Vorgang des Zerfalls von Wasserstoffsuperoxyd erweist sich den quantitativen Bestimmungen zufolge als eine monomolekulare Reaktion. Die Katalyse nimmt mit der Platinkonzentration bei rein wässeriger Lösung nach einer einfachen Exponentialfunktion zu.

Die Analogie der Platinflüssigkeit mit organischen Fermentlösungen zeigt sich auch in der gleichartigen Änderung, welche langsam von selbst, rascher aber bei gewissen Zusätzen (Elektrolyten) und beim Erwärmen erfolgt, und in einem Rückgang der katalytischen Wirksamkeit besteht. Die auffallendste Ähnlichkeit bilden aber wohl die Vergiftungserscheinungen, welche man bei den Fermenten auf Zusatz minimaler Mengen gewisser Stoffe beobachtet (besonders Blausäure, Schwefelwasserstoff und Sublimat) und welche bei der Platinflüssigkeit in ganz derselben Art beobachtet werden. Sogar die bei den Fermenten konstatierten Erholungserscheinungen nach der Vergiftung finden sich wieder.

Die Resultate dieser höchst interessanten Arbeit zeigen somit, wie weitgehend die neuen Anschauungen und Hülfsmittel der physikalisch-chemischen Forschung geeignet sind, auch in das Gebiet der höchst komplicierten biologisch-chemischen Vorgänge hinein als lichtvolle Wegweiser und Waffen zu dienen. E. Bose.

Berichtigung.

Von Herrn H. Goldschmidt-Heidelberg werde ich freundlicher Weise auf ein Versehen aufmerksam gemacht, welches ich bei den Schlüssen aus der von mir (diese Ztschr. Heft 19, S. 212) berechneten Dissociationswärme der Violursäure begangen habe. In der thermodynamischen Gleichung handelt es sich nämlich um die in das chemische System eintretende Wärme, die bei Flusssäure negativ ist, was einer in thermochemischem Sinne positiven Wärmetönung entspricht. Die Wärmetönung der Violursäure- wie der Wasserdissociation ist aber negativ, so dass als Analogie zwischen den Dissociationswärmen der Flusssäure und der anderen genannten Stoffe nur die Grösse, nicht aber der Sinn der Wärmetönung übrig bleibt. Dadurch verlieren die bezüglich des Stattfindens intramolekularer Reaktionen von mir gezogenen Schlüsse einen Teil ihrer Sicherheit, wenn auch die Thatsache übrig bleibt, dass grosse (sei es positive oder negative) Dissociationswärmen sich überall dort finden, wo eine innere Umlagerung wahrscheinlich oder möglich ist. Auf diesen Zusammenhang ist übrigens bereits von Hantzsch und Guinchard (Ber. der Deutsch. Chem. Gesellsch. 32, 3074. 1899) hingewiesen worden, nur dass statt der Dissociationswärme der ihr proportionale Temperaturkoefficient der Affinitätskonstante betrachtet wurde. Jedenfalls bleibt es möglich, die Annahme zu machen und weiter zu prüfen, dass die Ionisation selbst eine nur geringe Wärmetönung bedingt, und dass eine grosse Wärmetönung von einer damit verbundenen intramolekularen Reaktion herrührt, die je nach ihrer speciellen Natur positiv (Flusssäure) oder negativ (Violursäure, Wasser) sein müsste.

Breslau, 16. Febr. 1900.

R. Abegg.

Briefkasten.

In No. 20 der „Physikalischen Zeitschrift" behandelt Herr A. Schuster die Korrektion wegen der Spiegelneigung bei Winkelmessung durch Spiegelablesung als wenig oder gar nicht bekannt. Dem gegenüber ist darauf hinzuweisen, dass diese Korrektion schon seit Jahren in deutschen Lehrbüchern zu finden ist. Vgl. F. Kohlrausch, Praktische Physik 6. Aufl. S. 164, Leipzig 1887, sowie des Unterzeichneten „Hülfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen" S. 15, Leipzig 1892.

Breslau, 18. Febr. 1900.

A. Heydweiller.

Anmerkung der Herausgeber: Inzwischen teilt uns Herr Professor P. Czermak in Innsbruck mit, dass auch er bereits in seinen „Tabellen zur Gauss-Poggendorffschen Spiegelablesung" (Berlin 1890, Springer) auf S. 16 nach einer Anregung von Professor Lippich die fragliche Korrektion mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Annäherung angegeben hat. „Schusters Darstellung ist viel allgemeiner und sehr elegant, aber die Bemerkung, dass dieser Fehler noch von niemanden berücksichtigt würde, ist nicht richtig."

Wir bemerken zu diesen Zuschriften: Herr Schuster hatte in einem seine Arbeit begleitenden Briefe auf die Möglichkeit hingewiesen, dass die von ihm gegebene Korrektion schon anderweitig mitgeteilt sein könnte. Daraufhin hat der eine von uns die Abhandlungen des Herrn F. Kohlrausch durchgesehen, da wir hier eine darauf bezügliche Angabe vermuteten; da der Erfolg der Durchsicht ein negativer war, so haben wir die Arbeit des Herrn Schuster gedruckt. Die ausführliche Behandlung der Korrektion dürfte immerhin nicht überflüssig sein.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 23. 10. März 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

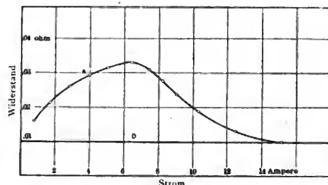
Der Wechselstromwiderstand von Eisendrähten. [1])

Von Ernest Merritt.

Die Thatsache, dass der Widerstand eines Leiters für Wechselstrom grösser ist als für Gleichstrom, ist seit lange bekannt, und der Grund dieses Unterschiedes ist jetzt völlig aufgeklärt [2]); nur wenn sehr lange Drähte gebraucht werden, ist der Unterschied für unmagnetische Metalle nicht berechenbar, ausgenommen bei Wechseln von 1000 und mehr in der Sekunde. Bei Eisendrähten aber ist die Erscheinung eine viel deutlichere, für einen Wechselstrom von 100 oder mehr Wechseln ist der Widerstand eines Eisendrahts oft drei- oder viermal so gross als er für Gleichstrom sein würde.

Bei nichtmagnetischen Metallen, für welche die Permeabilität konstant ist, bietet die Berechnung des Wechselstromwiderstands, wenn die Zahl der Wechsel gegeben ist, keine grosse Schwierigkeit. [3]) Aber bei Eisen ändert sich die Permeabilität proportional der Stromstärke nach einem bis jetzt noch unbekannten Gesetze. Es ist fraglich, ob eine Formel, die unter der Annahme einer konstanten Permeabilität abgeleitet wurde, in ihrer allgemeinen Form genau sein kann: denn es muss daran erinnert werden, dass sich der Wert von μ nicht nur während der Dauer eines Wechsels ändert, sondern dass er auch in einem gegebenen Momente in den verschiedenen Schichten des Drahtes verschieden sein wird, weil das Eisen an der Oberfläche mit anderer Stärke magnetisiert sein wird, wie in der Mitte. Die ganze Frage ist so verwickelt, dass ein experimentelles Studium der Erscheinung erforderlich scheint, bevor einwandsfreie Schlüsse gezogen werden können.

Die hier beschriebenen Versuche wurden auf meine Veranlassung durch Herrn H. H. Denio ausgeführt, dessen Sorgfalt und Ausdauer die gute Übereinstimmung der Resultate zu danken ist. Der Eisendraht, dessen Widerstand bestimmt werden sollte, bildete den einen Zweig der Wheatstoneschen Brücke, während der andere Zweig aus langen Drähten von Neusilber bestand und so angeordnet war, dass seine Selbstinduktion möglichst klein war. An Stelle eines Galvanometers wurde das Telephon benutzt. Da das verwendete Verfahren nicht der grösst-



möglichen Genauigkeit fähig ist, so müssen die Resultate zunächst als vorläufige betrachtet werden.

Es wurde erwartet, dass der Wechselstromwiderstand von der Stromstärke abhängen würde. Der Strom, welcher im Eisendrahte floss, wurde deshalb innerhalb weiter Grenzen variiert und der Widerstand für jede Stromstärke gemessen. Hierauf wurden Kurven entworfen, welche die Beziehung zwischen Strom und Widerstand für jeden geprüften Draht zeigten. Der Widerstand gegen Gleichstrom wurde mit demselben Apparat ermittelt. Geprüft wurden 7 verschiedene Drähte, deren Durchmesser zwischen 0,032 cm und 0,476 cm lagen. Die Kurven der Figur, welche sich auf einen Draht von 0,366 cm Durchmesser beziehen, sind typisch für das in allen Fällen beobachtete Verhalten. Die

1) Ausführlich in Physical Review 9, 1899.
2) Siehe Gray, Absolute measurements in Elektricity and Magnetism, Vol. II., Chap. VI., Section 3.
3) Numerische Tafeln S. Merritt, Physical Review 5, S. 47.

tiefere Kurve (*D*) zeigt den Widerstand, wie er bei Verwendung von Gleichstrom in der Brücke vorhanden ist. Kurve (*A*) zeigt den Widerstand gegen Wechselstrom als Funktion der Stromstärke. Bei kleinen Strömen war es schwierig, den Widerstand mit Genauigkeit zu messen, so dass die Kurve in der Nähe ihres Anfangspunktes weniger zuverlässig ist, als in den stärkeren Strömen entsprechenden Teilen.

Ihrem allgemeinen Charakter nach sind die Resultate so, wie man nach den bekannten magnetischen Eigenschaften des Eisens voraussagen musste. Für schwache Ströme ist das Eisen nur schwach magnetisiert, so dass seine Permeabilität gering ist. Für solche Ströme ist daher das Verhalten des Eisens nicht sehr verschieden von demjenigen nicht magnetischer Metalle, deren Widerstand, für die Wechselzahl und Abmessungen der gebrauchten Drähte, für Wechsel- und Gleichstrom praktisch derselbe sein würde. Bei wachsendem Strome wird die resultierende Magnetisierung des Drahtes grösser und es wächst für kurze Zeit die Permeabilität. Für solche Werte der Stromstärke, für welche μ gross ist, ist auch der Widerstand gegen Wechelstrom gross. Wächst der Strom noch weiter, so beginnen die äusseren Schichten des Drahtes sich zu sättigen, und die Permeabilität dieses Teiles des Eisens vermindert sich infolgedessen. Roh ausgedrückt verhält sich der Draht jetzt, als habe er einen Kern von hoher Permeabilität, der von einer Schicht praktisch unmagnetischen Materials umgeben ist. Die Dicke dieser gesättigten Schicht wächst mit zunehmendem Strome, bis der Draht schliesslich vollständig gesättigt ist, worauf sich dieser wieder verhält wie eine nicht magnetische Substanz, und der Widerstand gegen Wechselstrom merklich derselbe wird wie der für Gleichstrom. Sowohl der Strom, für welchen der Wechselstromwiderstand ein Maximum ist, wie der relative Wert dieses maximalen Widerstandes muss augenscheinlich abhängig sein von den Abmessungen und magnetischen Eigenschaften des Drahtes.

Es ist somit ersichtlich, dass die Resultate qualitativ dieselben sind, wie die vorhergehenden Betrachtungen haben erwarten lassen. Die Unvollständigkeit der Theorie bei Verwendung magnetischen Metalls erlaubt nur eine rohe quantitative Formulierung dieser Schlussfolgerungen, für die auf den ausführlichen Bericht verwiesen sei.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola).

(Eingegangen 9. Febr. 1900.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Parma (Direktor P. Cardani).

No. 1. Pietro Cardani, Über den scheinbaren Leitungswiderstand der elektrischen Funken.

Eine Bestimmung des Leitungswiderstandes der elektrischen Funken ist von Trowbridge und Sabine versucht worden; sie nahmen dabei die bekannte Formel zu Hulfe, welche die Oscillationsdauer eines Stromes als Funktion der Kapazität des Kondensators, sowie der Selbstinduktion und des Widerstandes des Schliessungskreises ergiebt; ein anderer Versuch wurde von mir unternommen, indem ich die thermischen Erscheinungen in einem von den Belegungen eines Kondensators abgezweigten Stromkreis untersuchte. Nach den Erfahrungen von Trowbridge und Sabine beträgt der Leitungswiderstand eines wenige Millimeter langen Funkens ungefähr 26 Ohm, meinen eigenen Erfahrungen nach ungefähr 1 Ohm; er wird grösser mit der Länge.

Das Problem ist überaus interessant, weil es mit der Bestimmung der Schwingungsperiode der Entladungen zusammenhängt; ich hielt es deshalb für wichtig, einen neuen, experimentellen Beitrag zur Sache beizubringen. Ich habe bei diesen Untersuchungen dieselbe Methode angewandt, mittels welcher es mir möglich war, eine vollständige experimentelle Bestätigung der Formeln von Lord Rayleigh und Stefan sowohl über den Widerstand der Elektrolyte, wie über denjenigen metallischer Leiter bei oscillirenden Entladungen zu geben.[1])

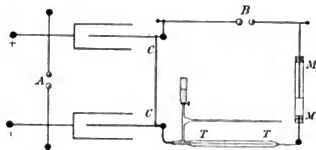
Die äusseren Belegungen von zwei isolierten Batterien sind mit den Kugeln eines Hauptfunkenmikrometers *A* und mit den Polen einer Holtz-Vossschen Maschine in Verbindung gesetzt; die inneren Pole sind mittels eines flüssigen Leiters *CC* von sehr grossem Leitungswiderstand unter einander verbunden. Hinter diesem befindet sich der abgezweigte Nebenkreis, der zu den Experimenten dienen soll. In diesen Nebenkreis sind eingeschaltet ein zweites Funkenmikrometer *B*, eine Röhre *MM* mit einer Kupfersulfatlösung von bekanntem Widerstand, und ein Petroleumthermometer *TT*, bestehend aus einem Platindraht, der in einer mit Petroleum gefüllten Glasröhre ausgespannt ist; die Verschiebungen des Petroleumfadens in der Kapillarröhre, welche die durch die Funken erregte Wärme verursacht, liest man an einer Millimeterskala ab. Der Fortgang der Dinge ist leicht verständlich: während sich die äusseren Belegungen mit der Elektricität der Maschine laden, laden sich gleichzeitig durch Induktion die inneren durch den flüssigen Leitungswiderstand, der sie verbindet, hindurch; wenn die an den äusseren

1) N. Cimento (4) 2, S. 69, 199, 271, 1895.

Belegungen erreichte Potentialdifferenz so gross ist, dass der Funken in dem Hauptkreis überspringt, so erfolgt gleichzeitig eine Entladung zwischen den inneren Polen, die fast ausschliesslich in dem Nebenkreise mit dem Funkenmikrometer B vor sich geht; so hat man immer die gleiche Energie zur Verfügung und kann gleichzeitig, entsprechend der Schlagweite von A, die Länge der Funken B in ausreichend weiten Grenzen variieren. — Wenn N_0 die Zahl der Teilstriche ist, um welche der Meniskus des Petroleums sich bei ausgeschaltetem Elektrolyten verschiebt, N die gleiche Zahl, wenn eine elektrolytische Säule mit dem Leitungswiderstand R eingeschaltet wird, so gilt, wie früher gezeigt, die Gleichung:

$$R = A \frac{N_0 - N}{N}.$$

Ich habe festgestellt, dass diese Gleichung auch auf diejenigen Experimente angewendet werden kann, bei denen impulsive Funken verwendet werden. Bestimmt man durch einen



Versuch den Wert der Konstante A, so kann man in der Folge, wenn man an Stelle des Elektrolyten einen unbekannten Leitungswiderstand einschaltet, aus der Zahl N der Teilstriche, um die sich das Petroleum verschiebt, die Grösse dieses Leitungswiderstandes berechnen. Bei den vorliegenden Versuchen war der unbekannte Leitungswiderstand, der eingeschaltet wurde, derjenige der Funken des Funkenmessers B.

Es dürfte gut sein, hier zu bemerken, dass die Bestimmung des Leitungswiderstandes R durch den oben dargelegten Vorgang als selbstverständlich annimmt:

1. dass der zu messende Leitungswiderstand R induktionsfrei ist;

2. dass die Energiemenge, welche man an dem kalorimetrischen Thermometer abliest, sich in dem unbekannten Leitungswiderstande in Joulesche Wärme umsetzt.

Beim Messen des Leitungswiderstandes der Funken kann die erste Bedingung als sichergestellt gelten; nicht so die zweite, weshalb der derartig gemessene Leitungswiderstand der Funken nicht sowohl ihren wahren Leitungswiderstand, als einen oberen Grenzwert des fraglichen Widerstandes angiebt; der grösseren Klarheit wegen nennen wir diesen Leitungswiderstand deshalb „scheinbaren" Leitungswiderstand.

Die durch Funken in der atmosphärischen Luft erhaltenen Resultate sind folgende:

1. Der Leitungswiderstand eines Funkens besteht aus zwei Teilen, einem konstanten und einem variablen Teil.

2. Der variable Teil nimmt proportional der Länge zu.

Man erhält also bei den Funken ein Resultat, das analog ist dem, welches man am Voltaschen Bogen und bei elektrolytischen Erscheinungen mit polarisierbaren Elektroden beobachtet hat.

Erhöht man die Kapazität des Kondensators, so verringert sich der Leitungswiderstand des Funkens, derselbe wird grösser durch die Erhöhung des Leitungswiderstandes des Stromkreises; ganz allgemein wird derselbe erhöht durch diejenigen experimentellen Anordnungen, die darauf hinzielen, die Dichtigkeit des Funkens zu verringern.

Die bei Funken-Leitungswiderständen mit metallischem Lichtbogen erhaltenen Werte sind immer viel kleiner; so betrug mit 1 Kondensator bei 2 cm Funkenlänge der gemessene Widerstand 3 Ohm, und mit 10 Kondensatoren bei 2 cm Funkenlänge 1,3 Ohm. — Mit einem geeigneten Funkenmikrometer habe ich meine Untersuchungen dann auf Funken in verdünnter Luft ausgedehnt; an dem im evakuierten Raume aufgestellten Funkenmikrometer konnte man die Schlagweite auf 24 cm ausdehnen, während sich mit einer Quecksilberpumpe der Druck von 0,01 cm Quecksilber erreichen liess. Die gewonnenen Resultate sind sehr seltsam; man kann sie in folgender Weise zusammenfassen:

1. Der Leitungswiderstand der Funken wächst bei Verminderung des Druckes, erreicht ein Maximum bei einem bestimmten Druck, wird von da ab wieder geringer.

2. Das erreichbare Maximum ist um so grösser und wird bei um so geringerem Druck erreicht, je grösser die Schlagweite ist.

3. Bei der stärksten erreichten Verdünnung von 0,01 Quecksilberdruck ist der Leitungswiderstand stets unabhängig von der Schlagweite. (Wenigstens innerhalb der Grenzen dieser Untersuchungen.)

In folgender Tabelle sind die Werte des Leitungswiderstandes zusammengestellt bei dem Drucke, bei welchem die Entladung beginnt, bei dem, bei welchem sie das Maximum erreicht, und bei dem niedrigsten Drucke, der erreicht wurde. Mit H ist der Druck in Centimeter, mit

R der Leitungswiderstand in Ohm, mit *E* die Schlagweite bezeichnet.

$E = 2$ cm		$E = 8$ cm		$E = 12$ cm		$E = 16$ cm		$E = 24$ cm	
H	*R*	*H*	*R*	*H*	*R*	*H*	*R*	*H*	*R*
76.0	2.04	30.9	5.2	16.4	9.3	12.2	15.5	8.15	17.9
15.0	2.70	10.2	56.4	9.9	172.0	8.9	303.6	5.4	300.0
0,01	1.20	0,01	1.2	0,01	1.2	0,01	1.2	0,01	1.2

Sodann habe ich das Aussehen des Funkens in Bezug auf diese so merklichen Unterschiede, welche sein Leitungswiderstand aufweist, untersucht. Meine Beobachtungen sind folgende: die Entladung an dem Funkenmikrometer im luftverdünnten Raume kann in zwei Hauptformen erfolgen: entweder in der Gestalt eines eigentlichen Funkens oder in der eines Büschels. Die eigentliche Funkenform geht in die des Büschels durch Verminderung des Druckes oder durch Verminderung der Schlagweite über; in der Büschelform verbreitet sich die Entladung um so mehr, je grösser die Schlagweite ist, so dass bei ausreichend grossen Schlagweiten dieselbe den ganzen Raum des Funkenmikrometers ausfüllt. Der Übergang aus einer in die andere Form, der bei kleinen Schlagweiten langsam erfolgt, geht bei grösseren Schlagweiten sehr rasch vor sich. Die Veränderung des Leitungswiderstands folgt also dieser Umwandlung; der Leitungswiderstand ist verhältnismässig klein bei der Funkenform, er wächst sehr rasch bei der Umwandlung des Funkens in das Büschel, erreicht das Maximum, wenn diese Umwandlung vollendet ist, nimmt sodann ab mit dem Steigen der Verdünnung; das Maximum des Leitungswiderstandes ist um so grösser, je grösser der im Funkenmesser durch die Entladung eingenommene Raum ist.

Die Umwandlung der Entladung aus der Funken- in die Büschelform bringt also eine viel tiefgreifendere Veränderung mit sich, als man vermuten konnte; es giebt für jede Schlagweite einen wirklichen, ihr eigentümlichen kritischen Druck, der die Grenze von zwei verschiedenen Zuständen der Entladung kennzeichnet. Bei geringerem Drucke scheint es, dass die Energiemenge, welche im Funkenmesser umgesetzt wird, und folglich der scheinbare Leitungswiderstand des Funkens, wesentlich von der absoluten Menge des Gases abhängt, die an der Entladung beteiligt ist; bei höherem Drucke scheint er jedoch sehr von der Form der Entladung abzuhängen.

Ich gedenke, diese Untersuchungen bei noch geringerem als dem bisher angewandten Drucke weiter zu führen und zu prüfen, wie sich bei veränderter Natur des Gases die ermittelten Erscheinungen verändern.

(Eingegangen 16. Febr. 1900.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

VORTRÄGE UND REDEN.

L. Boltzmann, Gedenkrede auf Joseph Loschmidt, gehalten am 29. Oktober 1895 in der Chemisch-Physikalischen Gesellschaft in Wien.

(Schluss.)

Es sei mir gestattet, nun einige biographische Daten beizufügen, die ich mehreren Freunden, besonders Herrn Dr. Pomeranz und Herrn Dr. Margulies, verdanke. Josef Loschmidt wurde am 15. März 1821 zu Putschirn bei Karlsbad in Böhmen als Sohn armer Landleute geboren. Er erzählte selbst, wie er als kleiner Knabe blossfüssig Ziegen hütete und wie er, als ihm einmal an Stelle seines Vaters das Vorlesen des Rosenkranzes anvertraut worden war, durch die Worte: „Bitt' für uns heiliger Savazi und Kravazi" schallende Heiterkeit erregte. Er hatte nämlich den Vater stets so verstanden und war stolz, zu wissen, wie die geschriebenen Worte Servatius und Pankratius ausgesprochen werden. Auch trug er sich einmal mit der Idee, sich Schuhe anfertigen zu lassen, die wie Handschuhe für jede Zehe einen besonderen Finger hätten, da er aus seiner Jugend wisse, wie sehr die freie Beweglichkeit jeder Zehe den Gang erleichtere.

Übrigens war ihm die Feldarbeit so sehr zuwider, dass seine Eltern meinten, er sei zu nichts als zum Studieren tauglich.

Durch Vermittelung des Pfarrers und Lehrers von Putschirn kam er 1833 nach Schlackenwerth, wo er die Grammatikalklassen besuchte, und von dort 1837 an das Prager Gymnasium, wo er nach der damaligen Bezeichnungsweise die Humanitätsklassen und die beiden philosophischen Jahrgänge absolvierte. Er war dort in der ersten Zeit gezwungen, sich durch Stundengeben kümmerlich fortzubringen. Später gestaltete sich seine Lage etwas günstiger, da er die Stelle eines Vorlesers bei dem Professor der Philosophie an der dortigen Universität, Franz Exner, erhielt. Wie sehr ihn dieser schätzte, erhellt daraus, dass er ihn aufforderte, die von Herbart versuchte Anwendung der Mathematik auf philosophische und psychologische Probleme konsequent durchzuführen. Lo-

schmidt arbeitete lange mit Feuereifer an diesem und ähnlichen Problemen; später freilich überwältigte ihn die Überzeugung von der Fruchtlosigkeit solcher Anstrengungen so sehr, dass er im Hinblick auf die Philosophie sagte: Als Apostat sei er jetzt ihr erbittertster Gegner; die Ausreifung seines Geistes durch diese universellen Studien aber hat er stets dankbar anerkannt und eine Vorliebe für echte Philosophie zeitlebens bewahrt.

Durch die Gönnerschaft Exners sowie des Geologen Haidinger und des Chemikers Meissner wurde es ihm ermöglicht, nach Absolvierung des Gymnasiums zuerst die Universität Prag, dann von 1842 an die Universität und das Polytechnikum zu Wien zu besuchen, wo er vom Studium der Philosophie und Mathematik bald zu dem der Physik und Chemie überging. In Prag wohnte er am Rossmarkt und in der Zeltnergasse, in Wien in dem nun demolierten Hause Eisgrube No. 605.

Seine väterlichen Freunde sahen sich manchesmal zu Ermahnungen gezwungen, die wohl seinem allzugrossen Idealismus einen Dämpfer aufgesetzt haben dürften. So hatte ich Gelegenheit, Briefe Haidingers an ihn zu sehen, die noch aus jener schönen alten Zeit stammten, wo jeder Staatsangestellte seine gesamte Korrespondenz durch zwei kreuzweise über die Adresse gezogene Tintenstriche zu frankieren pflegte. In einem derselben suchte er Loschmidt begreiflich zu machen, dass in Wien das möglichst wörtliche Studium des Lehrbuches eines Professors der Physik an dortiger Universität weit förderlicher sei, als die glänzendsten Entdeckungen. In einem anderen redete er ihm den thörichten, seinen Vermögensverhältnissen zuwiderlaufenden Gedanken aus, bei Liebig in München und Wöhler in Göttingen zu studieren. Hätte doch Loschmidt Gelegenheit erhalten, diesen Gedanken auszuführen! Vielleicht hätte sich dann das Zeichen manches Kapitels seines negativen wissenschaftlichen Journals umgekehrt!

Aber nicht nur nach Gelegenheit zum Studium im Auslande, sondern überhaupt nach einer dem Dienste der Wissenschaft geweihten Lebensstellung strebte er damals vergebens. Um seinen Lebensunterhalt zu gewinnen, errichtete er mit seinem Kollegen Margulies, mit dem er im chemischen Laboratorium Professor Schrötters am Wiener Polytechnikum ein neues Verfahren zur Gewinnung von Kalisalpeter aus Natronsalpeter entdeckt hatte, zu Atzgersdorf bei Wien eine chemische Fabrik behufs praktischer Ausnutzung dieses Verfahrens.

Da zu jener Zeit die Salpeterfabrikation Staatsmonopol war, erhielten Loschmidt und Margulies die Konzession zur Errichtung der Fabrik nur unter der Bedingung, dass sie sich verpflichteten, dem Ärar jährlich 6000 Centner Salpeter zu einem bestimmten Preise zu liefern. Bis zum Jahre 1849 ging das Unternehmen recht gut; als aber in diesem Jahre der Krieg mit Ungarn ausbrach und infolgedessen der Preis der Pottasche, die bei der Fabrikation des Salpeters in grossen Quantitäten verwendet wurde, beträchtlich stieg, konnten die beiden Konzessionäre, deren Verfahren sich heute zu einer bedeutenden Industrie entwickelt hat, den mit dem Ärar geschlossenen Vertrag nicht einhalten, und die Fabrik ging zu Grunde.

Loschmidt trennte sich nun von seinem Kompagnon und übernahm die Leitung einer Papierfabrik zu Peggau in Steiermark. Hier erfand er ein neues Verfahren zur Darstellung von Oxalsäure aus Hadernabfällen und führte die Fabrikation von Salpeter und Aluminiumsulfat ein. Allein, da auch bei diesem Unternehmen der pekuniäre Erfolg ausblieb, verliess er Peggau bald wieder; wir finden ihn zunächst in einer Fabrik in Neuhaus in Böhmen, worauf er der Einladung eines Konsortiums nach Brünn folgte, welches ihn mit der Einrichtung einer Salpeter- und Blutlaugensalzfabrik betraute. Leider wurde auch diese Fabrik vom Schicksale der ersten von ihm geleiteten Salpeterfabrik ereilt, und Loschmidt zog wieder nach Wien, wo er fast ohne Barschaft anlangte. Dort musste er zuerst einen Hofmeisterposten annehmen und erhielt dann im Jahre 1856, nachdem er noch zuvor die Lehramtsprüfung für Unterreal- und Bürgerschulen abgelegt hatte, die Stelle eines Lehrers an der Volks- und Unterrealschule bei St. Johann in der Leopoldstadt. Er benutzte jetzt alle Zeit, die er bei seiner angestrengten Lehrthätigkeit erübrigen konnte, zur Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten. Im Jahre 1865 überreichte er der Wiener Akademie der Wissenschaften seine grosse Arbeit über die Grösse der Luftmoleküle und im selben Jahre und später eine Reihe von anderen Arbeiten, deren Wert dort sofort anerkannt wurde; besonders erwarb er sich die Freundschaft Stefans, der ihn zu Arbeiten in dem physikalischen Institute der Universität heranzog, zu dessen Leitung damals Stefan gerade berufen worden war. Loschmidt wurde 1867 korrespondierendes, 1870 wirkliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Wien. An der Wiener Universität, an welcher er sich 1866 als Privatdocent habilitiert hatte und zwei Jahre darauf zum Ehrendoktor der Philosophie promoviert worden war, wurde er im Jahre 1868 zum ausserordentlichen und 1872 zum ordentlichen Professor der physikalischen Chemie ernannt. Im Studienjahre 1877/78 war er Dekan der philosophischen Fakultät derselben. 1891 vollendete er sein 70. Lebensjahr, musste daher nach österreichischem Gesetze in Pension gehen,

und beschloss sein Leben, vereinsamt und durch Kränklichkeit verdüstert, in einer sehr bescheidenen Wohnung in der Lacknergasse in Wien, sodass ich mich, als ich, von München nach Wien zurückgekehrt, ihn dort besuchte, nicht enthalten konnte auszurufen: „So beherbergt Wien seine grossen Männer!"

Da Loschmidt so lange ohne feste Lebensstellung war, ist es begreiflich, dass er, obwohl dem Junggesellenleben abhold, doch erst im vorgerückten Alter dazu kam, sich einen Hausstand zu gründen, indem er sich mit Fräulein Karoline Mayr verheiratete, an der er eine teilnehmende Gattin und während seiner späteren Kränklichkeit eine treue Pflegerin fand. Dieser Ehe entspross ein Sohn, der aber bald dem Vater ins Grab nachfolgte.

Man würde sehr irren, wenn man glauben würde, in Loschmidts Kopfe wäre neben der Fülle wissenschaftlicher Ideen nicht noch Raum gewesen für ein feines Verständnis alles Idealen in der Kunst. Mehrmals hörte ich ihn, wenn ich sein Laboratorium betreten wollte, daselbst mit Stentorstimme homerische Verse recitieren. Ich erinnere mich sehr gut, wie er einmal ein wissenschaftliches Gespräch unterbrach, um die Schönheit der Sixtinischen Madonna zu preisen, von der eine gemalte Kopie über seinem Arbeitstische hing, sowie seines Feuers in den Gesprächen, die ich mit ihm nach gemeinsamem Besuche des alten Burgtheaters oder Hofoperntheaters pflog. Da ich schon damals meine Versuche mit aus Schwefelkrystallen geschliffenen Kugeln plante und niemand solche schleifen konnte, schlug er mir vor, selbe mit ihm beim Warten vor dem Einlass ins Burgtheater zu schleifen, wobei er noch von dem in Verwendung kommenden Schwefelkohlenstoff eine abwehrende Wirkung auf das andrängende Publikum hoffte. Sitzplätze spendierten wir uns damals nicht immer. Ja selbst der Tanzkunst der Fanni Elsler gedachte er oft mit einer offenbar aus früher Jünglingszeit stammenden schwärmerischen Begeisterung.

In seiner Gesellschaft besuchte ich auch zum erstenmale eines der Wiener philharmonischen Konzerte, wo gerade die Eroica aufgeführt wurde. Ich hörte damals nicht nur das philharmonische Orchester und die Eroica, sondern überhaupt eine Orchesteraufführung einer Beethovenschen Symphonie zum erstenmale. Fürwahr, wenn man gerade solcher Eindrücke gedenkt, drängt sich der Wunsch auf, noch einmal jung zu werden. Aber damals wollte ich besonders gescheit sein. Statt des Scherzo, sagte ich, hätte mir ein in feierlichem Ernste gehaltener, die Apotheose des Helden darstellender Satz besser gefallen. Darauf er: „So, Sie hätten es also besser gemacht als Beethoven! Waren Sie schon einmal beim Begräbnisse eines Ihnen teuren, grossen Mannes! Sahen Sie ihn darauf in den Himmel fahren? Nein. Aber zu Ihren täglichen Geschäften mussten Sie zurückkehren, die Ihnen doppelt schal erschienen, so dass Sie mit Mühe ein lautes Hohnlachen unterdrückten; das ist das Scherzo und das Finale, der Hinblick auf das grosse Naturganze, dem gegenüber der verstorbene Freund gerade so verschwindet, wie im Vergleiche zu seinen Thaten das kleinliche Alltagsleben." Tags darauf erläuterte er mir mit gleicher Klarheit Kirchhoffs Abhandlung über das Verhältnis des Emissions- und Absorptionsvermögens. Dass ich mich bei der Heimkehr vom Begräbnisse Loschmidts dieser seiner Erklärung der Eroica erinnerte, wird man begreifen.

Auch für socialpolitische, biologische und medizinische Fragen interessierte sich Loschmidt lebhaft. So war er in späterer Zeit, veranlasst durch ein quälendes Magenleiden, unermüdlich aber wenig glücklich in der Konstruktion von Apparaten, um die von ihm eingeatmete Luft bakterienfrei zu machen. Heil der Menschheit, wenn ihn einst jemand durch glückliche Lösung dieser Aufgabe ebenso beschämen sollte, wie dies Hall, Kerr, Hertz und Jenker bei den physikalischen Aufgaben gelang!

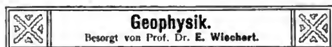
Nur für das praktische Leben hatte er nie Sinn. Überhaupt verschloss er seinen Geist für alles, was ihn von seinen idealen Zielen abzog. Er lehrte, ebenso schwer, als die Aufgabe alles Wesentliche zu sehen, sei die gleich wichtige, von allem Unwesentlichen abzusehen und befolgte dies buchstäblich. Als ich ihm einmal den mit unendlicher Mühe von einer dicken Kruste verspritzten Quecksilbers, Öles und Alkohols gereinigten Foucaultschen Interruptor zeigte, fand er, die Drahtschaltungen und den Pendelmechanismus betrachtend, keine Veränderung daran. „Aber der ganze Schmutz ist weg!" rief ich. Darauf er: „Davon pflege ich zu abstrahieren."

Selbst seine anfänglichen theoretischen Vorlesungen, welche, wie ich aus Erfahrung weiss, für den Fachmann ausserordentlich anregend waren, hielt er so abstrakt und setzte sie so bescheiden in Scene, dass er, wie ich glaube, nie ein grosses Auditorium fand. Später war sein Hauptkolleg die Experimentalphysik für Pharmazeuten. Überall kam er durch zu grosse Bescheidenheit weniger zur Geltung, als er gekonnt und gesollt hätte. Ein österreichischer Staatsmann machte sich einmal mir gegenüber über die Einseitigkeit der deutschen und speciell der österreichischen Gelehrten lustig. Er führte das bekannte Beispiel des Sinologen Pfizmaier an, der anno 1870 vom deutsch-französischen Kriege erst durch die Lektüre einer chinesischen Zeitung Kenntnis erhalten haben soll. Ich weiss nicht, ob das wahr ist, aber wenn, so

hatte Pfizmaier einen grossen Vorgänger in Archimedes, der auch, in seine Kreise vertieft, die Eroberung von Syracus überhörte. In der That, so war auch Loschmidt. In seiner Begeisterung für alles Ideale der Wissenschaft und Kunst vergass er auf das Leben; das gehörte zu den Dingen, von denen er abstrahierte. Gewiss, wir werden dies in unserem Interesse bedauern. Grosse Männer sollten auch im öffentlichen Leben nicht feiern.

Aber gerade gegenwärtig, wo mehr denn je jede Partei nur für materielle Interessen kämpft, thut die ideale Gestalt eines Mannes wohl, der seine materiellen Interessen vergisst; und so soll uns die Erinnerung an den stillen Dulder in der Lacknergasse, der diesen Sommer am 8. Juli das milde hellblaue Auge für immer schloss, stählen im Kampfe, der heutzutage ausschliesslicher denn je auf den Schultern der Männer der Kunst und Wissenschaft ruht, in dem Kampfe für das Ideale!

REFERATE.



Dr. A. Schmidt, Stuttgart, Das Trifilargravimeter. (Beiträge zur Geophysik, Bd. IV, Heft 2, 1899.)

Auf Grund der Erfahrungen, welche man bisher bezüglich des Verhaltens der magnetischen Bifilare bei einem Erdbeben gemacht hat, sprach der Verfasser bereits in einer früheren Arbeit den Gedanken aus, dass man vielleicht mit Nutzen die Einrichtung dieser Apparate zum Muster nehmen könnte für die Konstruktion eines Seismometers für die vertikale Komponente. Diesen Gedanken hat Verfasser nun zur That werden lassen. Das Seismometer besteht aus einer kreisrunden Scheibe, die mit dem Centrum auf ein stabförmiges Gewicht aufgesetzt ist. Zum kleineren Teil ihres Gewichtes wird sie getragen von drei an ihrem Rande in gleichen Abständen angeknüpften Fäden, und zwar in horizontaler Lage so, dass der stabförmige Gewichtsansatz nach unten ragt. Den grösseren Teil des Gewichtes trägt eine aus vielen Windungen bestehende Feder, welche unten in der Mitte der Scheibe eingeklemmt ist und oben an der Befestigungsstelle mit einem Torsionskreis versehen ist. Tordiert man durch Drehen des Torsionskreises die Feder, so wird die Scheibe der Drehung immer so weit folgen, dass das durch die Gravitation der Erde erzeugte Drehmoment gleich ist dem von der Feder hervorgebrachten. Durch geeignete Wahl des Torsionswinkels kann man eine jede wünschenswerte Empfindlichkeit für Änderungen der Schwerebeschleunigung, wie sie Folge der vertikalen Bodenbewegung ist, erreichen. Im Princip unterscheidet sich der Apparat von allen anderen Seismometern dadurch, dass er nicht die Grösse der Bodenbewegung selbst, auch nicht etwa die Geschwindigkeit derselben, sondern ihre Beschleunigung angeben soll. Während die anderen Seismometer mit einer der Bodenbewegung möglichst wenig folgenden, trägen Masse arbeiten, sollen hier die einzelnen Teile des Apparates möglichst vollkommen die Bewegung des Bodens mitmachen. Ein an dem stabförmigen Gewicht befestigter Spiegel gestattet, die Bewegungen der Scheibe zu registrieren oder mit Skala und Fernrohr abzulesen. Um die bei den ersten Versuchen benutzte Empfindlichkeit zu kennzeichnen, sei erwähnt, dass eine Zulage von 0,1 g zu einem Gesamtgewicht von 465 g einen Winkelausschlag von 1,2° ergab. Durch geringe Steigerung der Empfindlichkeit glaubt der Verfasser die Flutwirkung des Mondes sehr wohl sichtbar machen zu können. Einige erste Versuche photographischer Registrierung mit einer Papiergeschwindigkeit von 2 cm pro Stunde zeigten am 21. September 1899 $7^h\,5^m$ *p.* bis $8^h 15^m$ *p.* eine Erscheinung seismischen Ursprungs.

Wilh. Schlüter.

BESPRECHUNGEN.

Dr. P. Bräuer, Aufgaben aus der Chemie und der physikalischen Chemie. Leipzig, Teubner, 1900. 69 Seiten.

Das vorliegende Buch enthält eine Sammlung von Rechenaufgaben aus den im Titel genannten Gebieten, und macht es sich zum Zweck, neben den üblichen stöchiometrischen Exempeln solche Aufgaben besonders einzuführen, welche die Handhabung der Avogadroschen Regel, der Gesetze von Faraday und

Joule und der thermochemischen Rechnungen erfordern und lehren.

Man muss dem Verfasser zunächst beistimmen, dass diese neuen Lehrobjekte von hervorragender Bedeutung sind, und man kann ferner mit Genugthuung konstatieren, dass die Formulierung der Aufgaben diesem Zwecke in glücklicher Weise gerecht wird. Die sehr geschickte Fragestellung zeigt überall, dass sie von einem sein Gebiet beherrschenden Fachmann herrührt. Alle Grundlagen der modernen physikalischen Chemie werden verwertet, und wo die modernen Anschauungen in die Schulbücher noch nicht eingedrungen sind, werden sachgemässe kurze Auseinandersetzungen vorausgeschickt, gegen welche nirgends etwas einzuwenden ist.

Im einzelnen ist allerdings mehreres zu erinnern, so sollte man erwarten, in einem heute erscheinenden Buche die richtigen Atomgewichte und ihre Unterlagen zu finden; die Angabe, dass 1 l Wasserstoff 0,089578 g wiegt (S. 19) statt 0,08988 g, die Anführung einer Zahl, welche das Atomgewicht des Cl zu 33,334 (!) ergiebt, sind jedenfalls nicht zu billigen; auch für den osmotischen Druck von Rohrzuckerlösungen (S. 40 u. 41) hätten neuere bessere Zahlen zur Verfügung gestanden. Dagegen ist wieder anzuerkennen, dass die Dampfdichten in Molekulargewichtseinheiten gegeben werden; überhaupt sind diese, wie einige andere formale Ausstellungen über die Art der Darstellungen nur Schönheitsfehler, die den Wert des Buches nicht in Frage zu stellen vermögen.

Man darf sagen, dass eine Schulung der jungen Chemiker, wie sie die vorliegende Aufgabensammlung darstellt, eine ganz ausgezeichnete ist; und wenn eine solche Ausbildung schon in unseren höheren Schulen, an die sich das Buch in erster Linie richtet, erzielt wird, so ist das ein Erfolg, welcher nicht hoch genug gerühmt werden kann, und dem Verfasser zur Ehre gereicht. R. Abegg.

Ernst Cohen, Jakobus Henricus van't Hoff. [1])

Ein eifriger Schüler van't Hoffs bietet in dem vorliegenden Bändchen einen interessant und fesselnd geschriebenen Lebensabriss des genialen Forschers, der letzthin [1]) gelegentlich seiner vor 25 Jahren erfolgten Doktorpromotion durch zahlreiche Ovationen aus den Kreisen seiner Schüler und Verehrer gefeiert wurde. Der Lebensgang des berühmten Mannes bietet viel Interessantes und Lehrreiches, sodass die Lektüre der Biographie warm empfohlen werden kann. Ein vorzüglich gelungenes Porträt van't Hoffs bildet eine besondere Zierde des Buches. Ein vollständiges Verzeichnis seiner Bücher und Broschüren, Abhandlungen, Vorträge und Reden gestattet einen Überblick über das weitschichtige bisherige Lebenswerk des genialen Mannes, das von seinen Schülern unter die treffenden Worte „Physicam chemiae adiunxit" subsumiert ist, und dessen ausserordentliche Bedeutung keines Hinweises bedarf.

1) Mit einem Porträt von J. H. van't Hoff in Heliogravure und einer Bibliographie. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann 1899.

1) Vgl. diese Zeitschr. Heft 15, S. 184.

E. Bose.

Personalien.

Der ausserordentliche Professor für Gärungschemie an der Böhmischen Technischen Hochschule zu Prag Kruis ist zum ordentlichen Professor ernannt.

An der Berliner Universität hat sich Dr. Richard Meyer als Privatdocent für Chemie habilitiert.

Dr. Ernst Täuber, Privatdocent für Chemie der Farbstoffe an der Technischen Hochschule zu Berlin, ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

Dem Privatdocenten der Chemie an der Universität zu Berlin, Regierungsrat Dr. Arnold Reissert, Mitglied des kaiserlichen Patentamts, ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

An der Universität Göttingen hat sich Professor Dr. F. Streintz, früher in Graz, mit einer Vorlesung über die Entwickelungsstufen der Elektrochemie habilitiert.

Universitätsprofessor Geheimrath Dr. v. Christ in München wurde auf Ansuchen von der Funktion des bayerischen Delegierten zur Reichsschulkommission enthoben. Zu seinem Nachfolger wurde der Professor der Mathematik Dyck von der technischen Hochschule in München auf die Dauer von drei Jahren ernannt.

Der Privatdocent für Mineralogie und Geologie an der technischen Hochschule zu Dresden Dr. phil. Walter Bergt ist zum ausserordentlichen Professor ernannt worden.

Professor Gattermann in Heidelberg folgt einem Rufe nach Freiburg i. B. als ordentlicher Professor und Direktor des Chemischen Instituts.

In Giessen hat sich der Assistent am chemischen Laboratorium Dr. Wilh. Eidmann für Chemie habilitiert.

Tagesereignisse.

Am 25. Februar, dem Geburtstage des Königs von Württemberg, wurde der technischen Hochschule zu Stuttgart die Berechtigung erteilt, die Doktorwürde zu verleihen.

Der Fall Arons ist jetzt durch das Staatsministerium dahin entschieden worden, dass Dr. Arons aus seiner Stellung als Privatdocent entfernt worden ist.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. 17. März 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine photographische Untersuchung elektrolytischer Zellen.[1])

Von Rolla R. Ramsey.

Töplers Schlierenmethode (Pogg. Ann. 131, 33, 180, 1867) wurde zum Studium der Wirkung einer Elektrolyse von Zink in $ZnSO_4$ benutzt.

Der Apparat bestand aus einem regulierbaren Spalte, der von Sonnenlicht beleuchtet war. Das Bild dieses Spaltes wurde durch eine achromatische Linse auf einen anderen Spalt geworfen. Die Zelle wurde der Linse gegenüber gestellt, und ein vergrössertes Bild der Zelle wurde mittels einer photographischen Linse und eines mikroskopischen Objektivs auf die Trockenplatte geworfen. Die Photographien zeigten eine Verdichtung der Lösung an der Anode und eine Aufhellung an der Kathode. Nachdem der Strom eine Zeit lang geflossen war, erschien die Flüssigkeit von Streifen durchsetzt. Eine verdichtete Schicht liegt immer auf den Elektroden. Die Expositionszeit schwankte von „Moment" bis zu 4 Sekunden.

Physikalisches Laboratorium der Indiana-Universität. Febr. 16, 1900.

1) Ausführlich in Phys. Rev. 9, 1899.

(Eingegangen 1. März 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Über das Flimmer-Photometer.

Von O. N. Rood.

In der Septembernummer des American Journal of Science 1893 berichtete ich über ein neues photometrisches Verfahren, welches auf der Wahrnehmung oder Nichtwahrnehmung eines Flimmerns beruht, das durch die beiden zu vergleichenden bestrahlten Flächen hervorgerufen wird. Ich zeigte dabei, dass die gewonnenen Resultate von der Farbe des bestrahlenden Lichtes unabhängig waren. Die dem Verfahren zu Grunde liegende Idee war die: wenn eine beleuchtete Fläche *A* vor das Auge gebracht wird, dann plötzlich wieder entfernt und durch eine andere *B* von gleicher Helligkeit ersetzt wird, so wird die Wiederholung dieses Verfahrens kein Flimmern verursachen, selbst wenn die Oberflächen verschiedene und sehr gesättigte Farben haben, oder auch, wenn die eine von ihnen weiss ist.

Die entsprechenden Versuche wurden mit rotierenden Scheiben aus Kartonpapier ausgeführt, aber ich bemerkte schon in der oben erwähnten Abhandlung, dass es keine Schwierigkeiten haben würde, die Idee bei den verschiedenartigsten photometrischen Verfahren zu verwerten.

Im Jahre 1896 veröffentlichte Professor H. S. Whitman in Physical Review, 3, No. 16 die Beschreibung eines Photometers mit rotierender Kartonpapierscheibe, welches auf dieser Idee beruhte; und im November desselben Jahres hielt ich einen Vortrag vor der National Academy of Sciences, in welchem ich vier Methoden der Verwendung des Flimmerverfahrens für die Photometrie auseinandersetzte. Sie sind charakterisiert durch Anwendung: 1. einer schwingenden konvexen oder konkaven Linse; 2. eines schwingenden Planspiegels; 3. eines sich drehenden kleinwinkligen Glasprismas; 4. eines rotierenden Planspiegels, der nicht genau senkrecht auf seiner Drehungsaxe steht. 1897 beschrieb ich ein vollständiges Photometer, welches auf dem Flimmerprinzipe beruhte, und bei welchem eine schwingende konvexe Cylinderlinse Verwendung fand. Die entsprechende Abhandlung wurde in der Juninummer des Science veröffentlicht und enthielt zum Belege verschiedene mit dem Instrument ausgeführte Messungen. 1899 wurde die konvexe Cylinderlinse durch eine konkave

ersetzt, und dieses Photometer von mir ausführlich in der Septembernummer des American Journal of Science beschrieben. Eine Anzahl erläuternder Messungen sind diesem Bericht beigefügt, um den Grad der Genauigkeit zu zeigen, wenn zwei verschiedene Farben verwendet werden. Dieselbe war ungefähr die gleiche, wie sie mit guten gewöhnlichen Photometern erzielt wird, bei denen nur weisses Licht von genau gleichem Farbenton benutzt wird.

In der Oktobernummer derselben Zeitschrift wurden mit Hülfe dieses Photometers die Verschiedenheiten in der Farbenwahrnehmung von Personen untersucht, welche glaubten, normale Augen zu haben; aus der Beobachtung von elf Personen wurde dann eine Normal- oder Durchschnittsgrundlage der Farbenwahrnehmung abgeleitet. Die Verschiedenheiten in der Farbenwahrnehmung von Personen, die mit einigem Rechte normale Farbenwahrnehmung für sich in Anspruch nehmen, wurden ganz beträchtlich gefunden; sie schwankte um 10 oder 15 % der untersuchten Grösse nach oben und unten.

Mit Hülfe der oben erwähnten Normalgrundlage wurden drei Fälle von Rotblindheit geprüft. Es wurde gefunden, dass nicht nur ihre Rotwahrnehmung, sondern auch die des Grün mangelhaft war, obgleich diese in geringerem Masse. Setzen wir die Wahrnehmung für Rot, Grün, Violettblau beim normalen Auge = 100, dann hatte bei diesen Farbenblinden die Wahrnehmung des Rot den Wert 30 bis 35, des Grün 100 bis 85.

Bei älteren Personen leidet hie und da die Farbenwahrnehmung mehr oder weniger, wahrscheinlich infolge einer Gelbfärbung der Krystalllinse: ein solcher Fall ergab für

Rot	Grün	Violettblau
100	77,2	72

Columbia Universität, New-York, Febr. 17, 1900.

(Eingegangen 3. März 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

Untersuchung der Strahlung in einem magnetischen Felde mittelst des Interferometers.

Von John C. Shedd.

In der historischen Entwickelung des vorliegenden Gegenstandes sind zwei ganz verschiedenartige experimentelle Methoden ausgebildet worden. Die erste derselben ist die spektrophotographische, welche von Dr. P. Zeeman und der Mehrzahl seiner Nachfolger angewendet wurde. Diese Methode findet ihre Grenzen: 1. in Bezug auf die Grössenordnung durch die geringe auflösende Kraft des verwendeten Gitters, so dass gute Resultate nur durch Verwendung sehr starker magnetischer Felder erhalten werden können; 2. in Bezug auf die Genauigkeit durch die weite Fehlergrenze bei der Einstellung des Mikrometers, speciell wenn verschwommene Linien gemessen werden sollen.

Die zweite Methode verdanken wir Prof. Michelson. Sie besteht in der Anwendung des Interferentialrefraktometers, wie es von ihm konstruiert worden ist. Es zeigt sich, dass diese Methode eine der photographischen Methode überlegene auflösende Kraft hat, weshalb sie sowohl bei kleinen als bei grossen Werten der magnetischen Feldstärke verwendbar ist.

Die Resultate, die bisher mit diesen Methoden erzielt sind, können kurz folgendermassen zusammengefasst werden:

I. Mit der spektrophotographischen Methode:

1. Eine Einteilung der Spektrallinien nach dem durch die Wirkung des magnetischen Feldes hervorgebrachten Linientypus. 2. Die Messung der Änderung der Wellenlänge, die durch das magnetische Feld bewirkt wird, und eine Bestimmung des Verhältnisses der Ionenladung zur Ionenmasse (e/m).

II. Mit der Interferometer-Methode:

Prof. Michelson hat drei wohl charakterisierte Linientypen und vielleicht auch einen vierten aufgestellt.

Die Versuche, die jetzt kurz beschrieben werden sollen, hatten den Zweck: I. Die Bedingungen zu finden, welche die Beobachtung der Erscheinung begrenzen. II. Die Handhabungsschwierigkeiten und den Genauigkeitsgrad der beiden Methoden zu vergleichen. III. Zu prüfen, ob bei verschiedenen Temperaturen die magnetische Wirkung eine völlig andere wird. IV. Die magnetische Verschiebung (d. h. die Änderung der Wellenlänge) der untersuchten Spektrallinien zu messen und das Verhältnis e/m zu bestimmen, ferner den Polarisationszustand der Linienbestandteile zu ermitteln.

Bei den Untersuchungen von Teil I. II. III. wurde eine Natriumflamme und Natrium in einer Vakuumröhre benutzt. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

I. 1. Die magnetische Verschiebung der Natriumlinien D_1 und D_2, wie sie von einer offenen Flamme geliefert werden, kann mit der spektroskopischen Methode bei der Temperatur der Bunsenflamme nicht deutlich beobachtet werden, auch nicht bei der der Gebläseflamme; noch auch bei der Temperatur des Sauerstoff-Wasserstoff-Gebläses, trotzdem Vorsichtsmassregeln gegen plötzliche Änderungen getroffen waren. 2. Die Erscheinungen können besser

parallel, wie senkrecht zu dem magnetischen Felde beobachtet werden, und die Feldstärke, die nötig ist, um ein reines (d. h. sichtbares) Triplet zu erzeugen, ist doppelt so gross wie die für ein Doublet erforderliche. 3. Sowohl wenn der Magnet erregt, als wenn der Strom unterbrochen wird, zeigen die Spektrallinien eine ziemlich lange Zeit hindurch eine Trägheitsnachwirkung. Diese Zeit scheint nicht völlig von der Selbstinduktion des Magneten herzurühren, sondern muss teils den Nachwirkungen der Gesichtswahrnehmung, teils der Trägheit der Ionen zugeschrieben werden. 4. Eine Feldstärke von wenigstens 15000 cgs Einheiten erscheint für eine befriedigende Beobachtung nötig; Spektren von höherer als zweiter Ordnung sind zu schwach, um gute Wirkungen zu geben.

II. 1. Das Interferometer ist imstande, die magnetische Wirkung von Feldstärken von 1000 cgs Einheiten aufwärts anzuzeigen. 2. Die Kurven der Sichtbarkeit[1]) zeigen selbst unter ungünstigen Umständen deutlich den allgemeinen Charakter der magnetischen Wirkung; sie liefern mit Hülfe eines harmonischen Analysators[2]), wenn sie durch eine Reihe dargestellt werden, eine unvergleichliche Methode der Analyse. 3. Wenn keine harmonische Analyse vorgenommen werden soll, oder für quantitative Messung der Änderung der Wellenlänge, liefert eine andere Anwendung des Interferometers eine bessere Methode.

III. 1. Bei der Temperatur der Bunsenflamme zeigen die Ionen deutlich eine Art von Nachwirkung oder Starrheit, welche plötzlich bei einer Feldstärke von ungefähr 9500 cgs Einheiten eintritt.

2. Diese Ionennachwirkung wird geringer, wenn die Temperatur wächst und ist praktisch nicht vorhanden bei der höchsten Temperatur der Sauerstoff-Wasserstoffflamme oder der Vakuumröhre.

3. Die Änderung in der Wellenlänge erreicht einen Maximalwert, welcher von der Temperatur abhängt, bei ungefähr 11000 C. G. S. Einheiten. Hohere Werte der Feldstärke haben die Wirkung, die Linienbestandteile zu verbreitern und sie nicht weiter zu trennen.

Dieser letztere Punkt mag dem Natrium eigentümlich sein und von der gleichzeitigen Anwesenheit der Linien D_1 und D_2 herrühren. Es sind bisher noch keine Beobachtungen über diese Linien getrennt gemacht worden, weil die zu ihrer Trennung notwendige Dispersion zu gross ist.

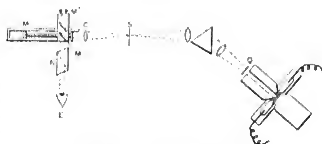
1) Phil. Mag. (5) 44, S. 109—115, 1897. Phil. Mag. (5) 45, S. 348—456, 1898.
2) Phil. Mag. (5) 45, S. 85, 1898.

Messungen der magnetischen Verschiebung.

Die Gleichung, welche die Beziehung zwischen der Wellenlängenänderung ($\lambda - \lambda'$) und der sie erzeugenden magnetischen Feldstärke (H) angiebt, lautet, wenn v die Lichtgeschwindigkeit ist,

$$\lambda - \lambda' = \left(\frac{e}{m} \frac{\lambda^2}{2\pi v}\right) H.$$

Sie zeigt, dass für eine gegebene Wellenlänge λ die Änderung derselben dem Werte von H proportional sein müsste, falls keine Nachwirkung vorhanden ist. Es wurde gefunden, dass eine Nachwirkung bei tiefen Temperaturen vorhanden ist, die aber verschwindet, wenn die Temperatur wächst.



M, M', M''. Interferometer-Spiegel.
Q. 1/4 λ Platte.
N. Nicol.
S. Spalt.
E. Auge oder Fernrohr.

Fig. 1.

Die Bedingungen einer hohen Temperatur und eines kleinen Druckes sind am besten bei der Vakuumröhre erfüllt; daher wurde sie als Lichtquelle verwendet. Die Apparatanordnung ist in Figur 1 dargestellt.

Die Schwierigkeiten, die sich einstellten, waren so gross, dass die befriedigenden Beobachtungen auf die Linien des Natriums, Quecksilbers, Cadmiums und Zinks beschränkt blieben. Die Ergebnisse sind in Tabelle I zusammengestellt, ferner graphisch in Fig. 2 aufgezeichnet.

Tafel I.

Substanz	Linie	Magnetische Verschiebung für $H = 5000$ Angstrom-Einheiten	Magnetische Verschiebung für $H = 10000$ Angstrom-Einheiten
Natrium[1]) .	gelbe Linie D_1	0,207	0,414
Quecksilber .	gelbe Linie	0,128	0,256
„ .	grüne „	0,155	0,310
„ .	violette „	0,120	0,240
Cadmium . .	rote „	0,131	0,262
„ . .	grüne „	0,120	0,240
„ . .	blaue „	0,137	0,274
Zink . . .	blaue „	0,144	0,288

1) Die Reihenfolge zeigt, dass die Trennung der Kompo-

Verhältnis der Ionenladung zur Ionenmasse.

Die Beziehung der Ionenladung zur Ionenmasse wird durch folgende Gleichung gegeben

$$e/_m = \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda^2} \frac{2\pi v}{H}.$$

Der Zahlenwert dieses Verhältnisses kann jetzt aus den Werten der magnetischen Verschiebung und den entsprechenden Werten von H berechnet werden. Für die in der Tafel I gegebenen Linien ergeben sich die in Tafel II zusammengestellten Zahlen:

Tafel II.

Substanz	Linie	$e/_m \cdot 10^{-6}$	Linientypus (n. Michelson)
Natrium	gelb	22,45	Typus II
Quecksilber . . .	violett	23,81	
Cadmium . . .	blau	22,41	
Zink	blau	23,46	
Quecksilber . . .	grün	18,59	Typus III
Cadmium	grün	17,48	
Quecksilber . . .	gelb	14,35	Typus I
Cadmium	rot	11,93	

In der letzten Spalte ist die entsprechende Liniengruppierung hinzugefügt, wie sie von Professor Michelson) vorgenommen ist. Man erkennt, dass die von Michelson nach der Struktur der Spektrallinien vorgenommene Gruppierung dieselbe ist, wie die, welche man durch Einordnung nach dem Werte des Verhältnisses $e/_m$ erhält.

Eine Diskussion der Tafeln I und II, sowie der Figur 2 führt zu nachstehenden Schlussfolgerungen:

1. Eine Gruppierung der Linien nach dem Betrage ihrer magnetischen Verschiebung ist von geringem Wert; aber eine Gruppierung nach dem Werte von $e/_m$ ist bemerkenswert.

2. Je kleiner das Verhältnis $e/_m$, desto kleiner ist die Verbreiterung der Linienkomponenten und desto einfacher ist die Struktur; umgekehrt, je grösser das Verhältnis $e/_m$, desto grösser die Verbreiterung und desto verwickelter die Struktur.

Professor J. J. Thomson hat kürzlich gezeigt, dass man guten Grund hat anzunehmen, die Ionenladung sei stets konstant. Wenn man diese Folgerung auf den vorliegenden Fall anwenden darf, so können wir aus Tafel II schliessen, dass die Struktur der Linie um so einfacher ist, je grösser die Masse des Ions ist; und desto verwickelter die Linienstruktur, je kleiner diese Masse ist. Wir schliessen ferner daraus, dass die verschiedenen Spektrallinien einer Substanz von verschiedenartigen Ionen herrühren.

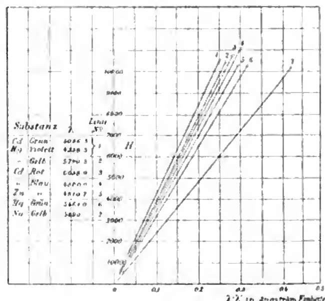


Fig. 2.

Physikalisches Laboratorium der Universität von Wisconsin, Febr. 1900.

(Eingegangen 4. März 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon).

nenten von D_2 ungefähr $2/3$ derjenigen von D_1 ist. Der hier gefundene Wert gehört zu D_1, da diese Linie die grössere magnetische Verschiebung hat.

1) Astrophys. Journ. 7, S. 136, 1898; Nature, March 9, 1899

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Anwendungen des elektrischen Stromes in der Chemie.[1])

Von Max Bodenstein.

Ungefähr ebenso alt, wie die Entdeckung der Berührungselektricität durch Volta und seine Zeitgenossen, sind die ersten Versuche, welche die Einleitung chemischer Vorgänge durch elektrische Kräfte zum Gegenstand hatten. Freilich waren auch schon vor Voltas Erfindung

1) Habilitationsvorlesung, gehalten am 28. Oktober 1899 zu Heidelberg. Bei der Ausarbeitung wurde vielfach benutzt: Haber, Grundriss der technischen Elektrochemie auf theoretischer Grundlage.

gelegentlich einige elektrochemische Vorgänge aufgefunden worden, so besonders von van Marum,[1]) dem es gelang, durch den Strom einer ausserordentlich grossen Elektrisiermaschine Wasser zu zersetzen, von dem er allerdings nur den einen Bestandteil, den Wasserstoff nachzuweisen vermochte. Aber erst durch die Erfindung der Voltaschen Säule gelangte die Wissenschaft in den Besitz einigermassen ergiebigerer Elektricitätsquellen, und so glückte bald darauf der erste Versuch, welcher eine zielbewusste Anwendung des elektrischen Stromes für chemische Zwecke darstellt: Sir Humphry Davy[2]) schied die Alkalimetalle, Kalium und Natrium, durch Elektrolyse ihrer geschmolzenen Hydroxyde ab, und erzielte damit einen Erfolg, der, zumal in Anbetracht der Mängel der einfachen Voltaschen Kette — besonders ihrer Inkonstanz — der höchsten Bewunderung wert ist.

Heute verfügen Wissenschaft und Technik über unvergleichlich viel gewaltigere Elektricitätsquellen: dem Aufbau konstanter galvanischer Elemente durch Daniell, Grove, Bunsen folgte die Konstruktion der Dynamomaschinen, die in fast unbegrenzten Mengen Elektrictät zu erzeugen gestatten, und die Ausgestaltung der Sekundärelemente, der Akkumulatoren, welche die von jenen gelieferte Energie in bequemer Weise aufzuspeichern erlauben.

Da kann es denn nicht überraschen, dass die Anwendungen des Stromes in der Chemie aus jenen frühesten Anfängen heraus sich allmählich in der mannigfaltigsten und vielseitigsten Weise entwickelt haben. Ist doch die Form der Energie, welche wir Elektricität nennen, eine so ungeheuer handliche, so leicht in den grössten und kleinsten Mengen, in höchster und schwächster Intensität zu verwenden und vor allem so leicht in alle anderen Energieformen, Wärme, Licht, Magnetismus, mechanische und chemische Energie umzuwandeln, dass sich ihre Anwendung uns überall im täglichen Leben, in allen Zweigen menschlicher Thätigkeit geradezu aufdrängt. So wurde denn auch ein Gebiet der Chemie nach dem anderen vom elektrischen Strome erobert, freilich nicht ohne mannigfache Schwierigkeiten, und zur Zeit noch längst nicht mit abschliessendem Erfolge. Ja es wird voraussichtlich immer grosse Körperklassen geben, deren elektrochemische Behandlung nur vereinzelte Ergebnisse aufweisen wird: das ganze Gebiet der organischen Verbindungen wird ein Stiefkind der Elektrochemie bleiben, da ihre Unfähigkeit, selbst den elektrischen Strom zu leiten, elektrochemische Eingriffe bei ihnen nur in beschränktem Masse gestattet.

Um so mehr Erfolge hat die Elektrochemie auf anorganischem Gebiete schon jetzt zu verzeichnen, und es ist nicht zu bezweifeln, dass die Zahl derselben bei weiterer Ausarbeitung der doch noch recht jungen Wissenschaft sich in reichem Masse vermehren wird. Gerade die Handlichkeit und Sauberkeit der elektrochemischen Reaktionen hat viel dazu beigetragen, dieselben in der Praxis einzubürgern, zumal eine hinreichende Stromquelle ja im allgemeinen gleichzeitig zahlreiche verschiedene Anwendungen gestattet. Dieser Vorteil kommt hauptsächlich bei den häufig wiederholten analytischen Operationen in Betracht, sowohl im wissenschaftlichen Institut, wie noch mehr im Fabriklaboratorium, und so finden wir einen der ältesten Zweige der angewandten Elektrochemie in der Elektroanalyse.

Die elektrochemische Analyse hat als wesentlichstes Ziel natürlich die Abscheidung der zu bestimmenden Körper in wägbarer Form — freilich sind auch einige andere Methoden vorgeschlagen, so von Erdmann[1]) eine sehr elegante Bestimmung der Alkalimetalle nebeneinander durch Ermittlung der Leitfähigkeit ihrer gemischten Chloridlösung,[2]) von Salomon[3]) und von Behrend[4]) die Benutzung des Elektrometers als Indikator beim Titrieren, besonders gefärbter Lösungen, welche den Farbenumschlag der gewöhnlichen Indikatoren nicht zu verfolgen gestatten[5]) — doch sind dies naturgemäss nur gelegentliche Verwendungen der Elektricität in der Analyse. Viel wichtiger sind die direkten Metallfällungen, welche der Strom hervorruft, wenn er die zu untersuchende Lösung an der, meist in Form einer Platinschale angewandten Kathode verlässt.

Nicht alle Metalle erscheinen dabei auf der Platinschale in glatt anliegender, oder überhaupt in harter auswaschbarer und wägbarer Form; manche scheiden sich schwammig ab, manche in losen Flittern, manche wieder sind so oxydabel, dass sie, wenn auch quantitativ durch den Strom gefällt, doch schon beim Auswaschen

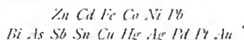
1) Vergl. Ostwald, Lehrbuch, 2. Auflage, 2., Seite 519.
2) Ebenda, Seite 523.

1) Ber. d. D. chem. Ges. **30**. 1175.
2) Die Leitfähigkeit einer, etwa KCl und $RbCl$ nebeneinander enthaltenden Lösung liegt zwischen den Werten des Leitvermögens, welche die gleich konzentrierten Lösungen der beiden einzelnen Salze zeigen. Eine Kenntnis der drei Leitfähigkeiten gestattet daher eine Ermittlung der relativen Mengen der beiden Salze im Gemisch. Ebenso konnen Gemische von KCl und KBr, KCl und KJ analysiert werden.
3) Salomon, Zeitschr. f. Elektrochemie **4**. 71.
4) Behrend, Zeitschr. f. physik. Chemie **11**. 466 und **15**. 498.
5) Zur Erläuterung diene das Verfahren von Salomon: Durch die zu titrierende Kochsalzlösung geht zwischen Silberelektroden von einer schwachen Stromquelle — deren elektromotorische Kraft unterhalb der Zersetzungsspannung der Lösung liege — ein kaum merklicher Strom hindurch. Zusatz von Silbernitrat ändert hieran nichts, bis der erste Tropfen im Überschuss hinzugefügt wird; die nun entstandene Lösung von Silbernitrat besitzt zwischen Silberelekroden die Zersetzungsspannung Null: Der hindurchgehende Strom nimmt plötzlich merkliche Werte an.

und Trocknen sich in unkontrollierbarer Weise oxydieren. Immerhin ist es gelungen, für eine grosse Anzahl von Metallen geeignete Arbeitsbedingungen zu eruieren, und die elektrische Metallfällung ist ein wichtiges Hilfsmittel der chemischen Analyse geworden.

Natürlich bietet die Elektrolyse auch die Möglichkeit zu Metalltrennungen: elektrolysiert man beispielsweise eine saure Lösung von Kupfer und Zink, so fällt zunächst alles Kupfer aus; nachdem dies aber geschehen, werden an der Kathode nur noch Wasserstoffionen entladen, die vom Lösungswasser dauernd nachgeliefert werden, ohne dass sich Zink mit abscheidet: dies fällt also nicht aus saurer Lösung, und muss daher anderweit, etwa durch Elektrolyse in alkalischer Lösung bestimmt werden.

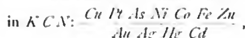
Ordnet man die Metalle nach ihrer Fähigkeit, aus saurer Lösung zu fallen, so ergiebt sich das Schema



$$\frac{Zn\ Cd\ Fe\ Co\ Ni\ Pb}{Bi\ As\ Sb\ Sn\ Cu\ Hg\ Ag\ Pd\ Pt\ Au}.$$

Die unter dem Striche stehenden Metalle kann man aus saurer Lösung niederschlagen, die über demselben nicht, und eine einfache Methode ihrer Trennung ist damit gegeben.

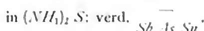
Geht man von sauren zu anderen Lösungen, so verschieben sich die Verhältnisse z. B.



$$\text{in } KCN: \frac{Cu\ Pt\ As\ Ni\ Co\ Fe\ Zn}{Au\ Ag\ Hg\ Cd},$$



$$\text{in } Na_2S: \text{conc. } \frac{As\ Sn}{Sb},$$



$$\text{in } (NH_4)_2S: \text{verd. } \frac{\quad}{Sb\ As\ Sn}.$$

Durch diese Thatsache sind nun naturlich eine grosse Anzahl von Metalltrennungen ermöglicht, deren Bedingungen meist sorgfaltig empirisch ausgearbeitet waren, ehe eine zusammenfassende theoretische Deutung der fraglichen Erscheinungen gelungen war. Diese wurde indes ebenfalls in übersichtlicher Weise gewonnen und zwar durch den von Le Blanc[1]) eingeführten Begriff der Zersetzungsspannung, des niedrigsten Kathodenpotentials, bei welchem eben noch Elektrolyse stattfinden kann. Diese Spannung ist identisch mit dem Potential, welches das Metall gegen seine Lösung annehmen würde, und damit gegeben durch einen Ausdruck von Nernst zu

$$\pi = R\,T \cdot ln \frac{P}{p}.$$

Hier ist R die Gaskonstante, und T die absolute Temperatur; P bezeichnet eine für jedes Metall specifische Grösse, seine „Lösungstension", während p die Konzentration seiner Ionen in der Lösung bedeutet. Bei einer passend gewählten Badspannung wird also zunächst das Metall mit der geringsten Zersetzungsspannung ausfallen, in dem oben erwähnten Beispiel — Kupfer und Zink in saurer Lösung — das Kupfer. In dem Masse als dies sich abscheidet, verarmt die Lösung an Kupferionen, der Nenner des obigen Bruches wird kleiner: die Zersetzungsspannung für Kupfer steigt und erreicht — aber erst wenn die Lösung bis über die Grenze der analytischen Nachweisbarkeit entkupfert ist — den Wert, den die Wasserstoffionen der Säure zu ihrer Entladung gebrauchen. An Wasserstoffionen wird die Lösung nicht ärmer, diese werden dauernd vom Wasser nachgeliefert; es ändert sich nun die Spannung nicht mehr, sondern es findet kontinuierlich Wasserzersetzung statt. Der Wasserstoff bildet demnach eine Art Ventil, welches die verschiedenen Metalle oberhalb und unterhalb der Striche von einander scheidet. Die verschiedene Stellung dieses Ventils je nach der Art der Lösung hat seinen Grund darin, dass die Metalle mit Cyankalium u. s. w. komplexe Ionen bilden, wodurch die Konzentration der freien Metallionen in verschiedenem Masse sich vermindert, und damit ihre Zersetzungsspannung und die Reihenfolge ihrer Zersetzungsspannungen eine andere wird.

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 8. 299.

Die genaue Messung der Zersetzungsspannungen für die verschiedenen Metalle eröffnet nun aber auch noch einen anderen Weg der elektrolytischen Metalltrennung, der die Zwischenschiebung des Wasserstoffs unnötig macht, und die Trennung zweier nebeneinander ober- oder unterhalb des Striches stehender Metalle ermöglicht. Er ist von Freudenberg[1]) beispielsweise für Kupfer und Silber angegeben worden: diese zeigen gegen eine Lösung, die in Bezug etwa auf beide Nitrate normale Konzentration besitzt, eine Potentialdifferenz von bezw. 0.7 ($Ag \mid {}^1/_1\, n\, AgNO_3$) und 1.14 Volt ($Cu \mid {}^1/_1\, n\, Cu(NO_3)_2$). Eine Spannung von 1 Volt[2]) ist also wohl imstande, alles Silber auszufällen, und zwar bis auf die letzten analytisch nachweisbaren Mengen,[3]) aber kein Kupfer, und die Trennung der beiden Metalle ist somit leicht ausführbar. Praktisch ist dieser Weg indes nur für wenige Trennungen geeignet; er setzt eben eine hinreichend grosse Differenz der

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 12. 97.

2) In praxi sogar von 1.4 Volt, wahrscheinlich weil die $Cu^{\cdot\cdot}$-ionen zunächst zu einwertigen $Cu^{\cdot}$-ionen entladen werden, die ihrerseits mit dem Luftsauerstoff wieder Kupferoxydsalz bilden.

3) Bei der Abnahme der Konzentration der Silber-ionen von ${}^1/_1$ zu ${}^1/_{10}$, ${}^1/_{100}$ u. s. w. normal steigt die zu ihrer Abscheidung nötige Spannung — nach der Nernstschen Formel — um je 0.057 Volt; also von ${}^1/_1$ bis ${}^1/_{10000}$ normal — und letzteres ist bereits eine analytisch nicht mehr nachweisbare Verdünnung — von 0.7 auf 0.9 Volt; sie bleibt somit noch merklich unter dem zur Kupferabscheidung nötigen Potential.

Zersetzungsspannungen voraus, ausserdem erfordert er exaktes Einhalten der geeigneten Spannung, und meist sehr viel Zeit, da man nur mit kleinen Stromstärken arbeiten kann, und er ist daher in der Praxis wohl nur wenig eingeführt.

Wir betrachteten bisher nur die Abscheidungen an der Kathode, die Metalle, die dort als solche erscheinen. Einige wandern indes in Form von Sauerstoffverbindungen an die Anode, Blei als Bleisuperoxyd PbO_2, Mangan als Mangansuperoxyd MnO_2, und für beide Fällungen sind geeignete praktisch wohl anwendbare Versuchsbedingungen ermittelt worden. Von anderen anodischen Abscheidungen ist wenig zu sagen: Versuche, die Bestimmung der Halogene nebeneinander in dieser Weise vorzunehmen, sind zur Zeit noch nicht über ihr Anfangsstadium hinausgediehen.[1])

Im wesentlichen beschäftigt sich also die Elektroanalyse mit der Abscheidung der Metalle in reiner Form an der Kathode; in diesem Ziele stimmt sie überein mit zwei anderen grossen Zweigen der elektrochemischen Praxis, der **Galvanostegie** und der **Galvanoplastik**, von denen die erstere die galvanische Vergoldung, Versilberung, Vernickelung u. s. w. umfasst, während diese die Abformung gegebener Objekte auf elektrolytischem Wege zum Gegenstand hat. Aber während bei der Analyse natürlich die quantitative Entfernung der Metalle aus der Lösung erforderlich ist, und die Form, in welcher sie sich niederschlagen, erst in zweiter Linie in Betracht kommt, ist die Form der Metallüberzüge in der Galvanostegie und Galvanoplastik das Wesentliche, und um hierauf mehr Sorgfalt verwenden zu können, hält man die Zusammensetzung der Lösung hier ungeändert, indem man an der Anode ebensoviel Metall sich lösen lässt, wie an der Kathode der Flüssigkeit entzogen wird.

In ihrer Arbeitsweise sind Galvanostegie und Galvanoplastik einander sehr ähnlich, und nur in einem Punkte merklich verschieden, der in ihrem Wesen begründet ist. Die Galvanostegie, welche gegebenen Gegenständen eine schönere oder haltbare Oberfläche geben soll, verlangt naturgemäss ein festes Haften des Überzugs auf der Unterlage, die Galvanoplastik, welche Negative abformt, bedarf einer leichten Entfernbarkeit des Niederschlags ohne Verletzung des Originals.

In der Galvanostegie müssen daher die Gegenstände aufs sorgfältigste metallisch blank gemacht werden; durch mechanische Behandlung, durch Abkochen mit Kohlenwasserstoffen oder Alkalilaugen, durch Beizung mit Säuren geeigneter Konzentration werden alle Spuren von Schmutz, von Fetten und von Oxyden entfernt, um dem Niederschlagmetall eine völlig metallische Grundfläche zu bieten; in der Galvanoplastik dagegen giebt man den Negativen einen leichten Fetthauch, oder einen äusserst dünnen Überzug von Jodsilber, so dass später ein Abheben des Metallabdrucks leicht gelingt. Für beide Zweige der Technik können übrigens auch nicht-metallische Gegenstände verwendet werden, Gypsabgüsse u. dgl., welchen man durch Einreiben mit Graphitpulver einen dünnen metallisch leitenden Überzug gegeben hat.

(Schluss folgt.)

1) Vergl. indes die erfolgreichen Versuche von SpeckEter, Zeitschr. f. Elektrochem. 1898, 539, diese Zeitschr. I, Heft 9 S. 104, 1899.

REFERATE.

Physiologische Physik.
Besorgt von Privatdocent Dr. H. Boruttau.

(1) **J.-L. Prévost** und **F. Battelli, La mort par les courants électriques.** Courant alternatif 1. à bas voltage, 2. à haute tension. Journal de Physiologie et de Pathologie générale, 1899, No. 3, S. 399; 427. Vorläufige Mitteilung in Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 13 mars 1899.

(2) — — **La mort par les courants électriques.** Courant continu. Journal de Physiologie et de Pathologie générale, 1899, No. 4, S. 689. Vorläufige Mitteilung in Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 27 mars 1899.

(3) **F. Battelli, Le mécanisme de la mort par les courants électriques chez l'homme.** Revue médicale de la Suisse Romande, No. 10, Octobre 1899.

In einem, bereits in No. 1/2 dieser Zeitschrift referierten Vortrage eines Nichtmediziners (Kath, Die Sicherheit des Menschen gegenüber elektrischen Anlagen, El. Z., 1899, Heft 34) war dieser zu dem Schlusse gelangt, dass eine unmittelbare resp. endgiltig tötliche Gefährdung des Menschen nur durch grosse Energiemengen zu erreichen sei, wobei durch den Strom eine „Zerstörung des Centralnervensystems" erfolge; dagegen könne mittelbare Gefährdung durch Hemmung der Atem- und Herzthätigkeit, welche aber nicht definitiv zu sein brauche, angenommen werden bei Stromstärken von 0,03 A. ab, sicher bei 0,1 A.; natürlich hänge dieser Effekt bei den verschiedenen technischen Spannungen von den Widerstandsverhältnissen (Berührungsstelle am Körper, Boden, Feuchtigkeit etc.) ab.

Die fleissigen Experimentaluntersuchungen der Genfer Physiologen Prévost und Battelli haben nun aber hinsichtlich der Ursache des

Todes durch Elektricität zu Ergebnissen geführt, welche wesentlich abweichen von den obigen Anschauungen und auch den Ansichten aller bisherigen Autoren, welche letztere in der ausführlichen Veröffentlichung vollständig, wenn auch jeder einzelne kurz, berücksichtigt sind, so auch das wichtige Buch von Kratter, „Der Tod durch Elektricität", Wien 1896.

Die Verff. fanden in zahlreichen Experimenten, dass dasjenige Organ, welches in jedem einzelnen Falle vom Strome affiziert wird, bestimmt ist durch die Spannung des Stromes innerhalb des Körpers (welche ja natürlich bei gegebener Betriebsspannung sich nach den Widerstandsverhältnissen, insbesondere an den Aus- und Eintrittsstellen richten wird), in zweiter Linie auch durch den Verlauf innerhalb des Körpers (wieviel Stromlinien das Organ treffen); dies gilt in gleicher Weise, mutatis mutandis, für Gleich- und Wechselstrom. Ausserdem ist bei ersterem massgebend, ob ein- oder mehreremal geschlossen resp. geöffnet wird, für letzteren die Dauer der Applikation und Frequenz der Wechsel. Die Spannungswerte für das nämliche Organ sind bei den verschiedenen Tierarten verschieden: immer aber lähmen die höchsten Spannungen nur die Atembewegungen, welche Hemmung unter Umständen von selbst überwunden werden kann; in den meisten Fällen hilft hier künstliche Atmung; — die niedrigsten überhaupt wirksamen Spannungen lähmen dagegen das Herz, indem sie es in ungeordnete erfolglose Bewegungen seiner einzelnen Muskelfasern — sog. Flimmern —, statt der rhythmischen geordneten Pumpkontraktionen versetzen; daran geht das Herz und der ganze Körper meistens zu Grunde; als einziges Rettungsmittel erwies sich im Tierexperiment gelegentlich die direkte Applikation eben von hochgespanntem Wechselstrom auf das Herz selbst, wodurch es wieder zu ordentlichem Schlagen kam; übrigens gilt diese Empfindlichkeit gegen Niederspannungsstrom für das Hunde-, Katzen- und Meerschweinchenherz; das Kaninchen- und Rattenherz wird durch Elektricität kaum dauernd geschädigt. Ströme mittlerer Spannung können zur Tötung insbesondere von Hunden sehr wirksam sein durch gleichzeitige Hemmung der Atmung und Lähmung des Herzens.

Ganz analoge Verhältnisse nehmen die Verff. nun auch für den Menschen an, und Battelli sucht die massgebenden Spannungswerte zu erschliessen vor allem aus den amerikanischen elektrischen Hinrichtungen und aus den neueren Unfällen in der Technik: die im ersteren Fall applizierten Spannungen von 1300 bis 1700 Volt (Wechselstrom) genügten oft nicht zur dauernden Aufhebung der Atmung; erst wiederholte und langandauernde Applikation, bei welcher in der That, wie Kath (s. oben) annimmt, die grossen Energiemengen zerstörend auf grössere Partien des Centralnervensystems einwirken mochten, erreichte den gewünschten Zweck.

In der Technik sind die Spannungen meistens geringer, und da durch Niederspannungen bis zu 150 Volt herab Todesfälle vorgekommen sind, dürften diese auf Herzlähmung zu beziehen sein: ausserdem ergiebt sich durch die meist ins Spiel kommenden hohen Widerstände bei den üblichen mittleren Spannungen meist ein geringeres Gefälle innerhalb des Körpers, — ein weiterer Grund, die meisten Unfälle auf Herzlähmung zu beziehen, d. h. Hervorrufung von meist definitivem, absolut tötlichem „Flimmern" des Herzens, gegen welches kein in praxi anzuwendendes Mittel hilft, auch nicht die künstliche Atmung, welche ja bei Atemlähmung durch Hochspannung indiziert ist und überhaupt das einzige Mittel darstellt, welches Ärzte und Techniker (in ihrer Ratlosigkeit, wie es Kurella in seinem Referat über den Kathschen Vortrag — Ztschr. f. Elektrotherapie und ärztl. Elektrotechnik, 1899, No. 4 — nennt) überhaupt kennen.

Umso wichtiger wird also die Ermahnung zur Vorsicht und Einrichtung von Sicherheitsvorkehrungen in den elektrischen Betrieben bleiben! — Boruttau.

Tagesereignisse.

Nach einer Verfügung der hessischen Regierung sind vom 1. April ab an der Universität Giessen Frauen als Hospitantinnen zum Studium zugelassen. Sie müssen die Aufnahme schriftlich beim Rektor nachsuchen und angeben, welches Fach sie hauptsächlich studieren wollen. An Papieren sind beizulegen: Ausweise über die wissenschaftliche Vorbildung, ein Lebenslauf, die etwa schon auf Hochschulen empfangenen Studienausweise und die Quittung des Quästors. Die Aufnahmegebühr beträgt 10 Mark, für Frauen, die schon an einer Universität hospitiert oder studiert haben, 5 Mark. Über die Aufnahme entscheidet der Rektor, ebenso über die Zulänglichkeit der Vorbildungsausweise. Die Dozenten haben ihre schriftliche Einwilligung zur Zulassung zu ihren Vorlesungen oder Übungen zu geben. Versagt der Rektor die Aufnahme, so kann die Entscheidung des Senats angerufen werden. Für bestimmte Vorlesungen kann der Rektor auf Antrag des Dozenten diesem die allgemeine Ermächtigung zur Zulassung von Frauen erteilen.

Personalien.

In der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät der Universität Heidelberg habilitierte sich der bisherige Assistent am chemischen Universitäts-Laboratorium Dr. August Klages aus Hannover. Seine Probevorlesung behandelte die chemischen Grundstoffe.

Der ausserordentliche Professor Dr. Drude an der Universität Leipzig hat einen Ruf als ordentlicher Professor der Physik an die Universität Giessen erhalten und angenommen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 25. 24. März 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Wechselwirkung und Gleichgewicht trigonaler Polsysteme, ein Beitrag zur Theorie der Krystallstruktur.

Von Eduard Riecke.

1. Nach einer ziemlich allgemein angenommenen Vorstellung beruht das Wachstum eines Krystalls darauf, dass ein vorhandener Kern zugleich anziehende und richtende Kräfte auf die Moleküle der krystallisierenden Substanz ausübt. Auch die Bildung der Kerne selbst würde dann auf das Spiel dieser Kräfte zurückzuführen sein. Mit der Aufstellung dieser allgemeinen Vorstellung ist indessen für die Erkenntnis der Krystallisationsprozesse noch wenig gewonnen; zu einem Leitfaden, der für die weitere Forschung möglicherweise nützlich ist, kann man die Vorstellung nur entwickeln, wenn man sie in exakter Weise formuliert und durchführt. Über einen ersten Schritt in dieser Richtung soll in den folgenden Zeilen berichtet werden; es handelt sich darum, an einem Beispiele zu zeigen, wie das gestellte Problem mathematisch formuliert und verfolgt werden kann. Ich gehe dabei aus von der Betrachtung eines elektrischen Polsystems, welches ich früher [1]) als ein trigonales bezeichnet habe. Man erhält ein solches System, wenn man die Ecken eines regulären Sechsecks abwechselnd mit positiven und negativen elektrischen Polen von gleicher Stärke besetzt. Denkt man sich nun die ponderabelen Moleküle irgend einer Substanz verbunden mit solchen Polsystemen, so werden zu den anziehenden oder abstossenden Kräften, welche wir der ponderabelen Masse beilegen, noch die zwischen den Polsystemen vorhandenen elektrischen Wirkungen hinzutreten. Diese sind einerseits translatorischer Natur, anziehend oder abstossend, je nach der wechselseitigen Orientierung der Polsysteme; andererseits rotatorisch, sodass wir in der That die richtenden Kräfte erhalten, die nach der zu Anfang erwähnten Vorstellung von einem Molekül auf ein anderes ausgeübt werden sollen.

Ich habe in der angeführten Arbeit gezeigt, dass man mit Hulfe trigonaler Polsysteme Molekülgitter konstruieren kann, welche die Symmetrieeigenschaften der sphenoidisch-hemiëdrischen Gruppe des hexagonalen Systems besitzen. Bis zu einem gewissen Grade entsprechen diese Gitter auch den Symmetrieverhältnissen der trapezoëdrisch-hemiëdrischen Gruppe des hexagonalen Systems, der Gruppe, welcher der Quarz angehört. Hiernach werden die im folgenden entwickelten Resultate für die sphenoidisch-hemiëdrische Gruppe strenge Gültigkeit besitzen; doch dürften sie auch auf den Quarz wenigstens näherungsweise Anwendung finden.

Ehe wir auf das Problem selbst eingehen, mögen noch ein paar Bezeichnungen eingeführt werden, die wir im folgenden gebrauchen werden. Es sei O der Mittelpunkt des regulären Sechsecks, dessen Ecken mit den elektrischen Polen besetzt sind. P, P', P'' seien die positiven Pole; wir bezeichnen dann die Richtungen OP, OP', OP'' als die Hauptaxen des Polsystems. Verbinden wir andererseits die Mitte von je zwei einander gegenüberliegenden Sechseckseiten, so erhalten wir drei andere Axen, die wir Nebenaxen nennen wollen.

O und O_1 seien die Mittelpunkte zweier trigonaler Polsysteme T und T_1. Fällt eine Hauptaxe von T und ebenso eine Hauptaxe von T_1 mit der Centrallinie OO_1 zusammen, so sagen wir, die beiden Polsysteme liegen zu einander in der Hauptstellung. Wir nennen diese Stellung die erste Hauptstellung, wenn die Polsysteme gleichgerichtet sind, zweite Hauptstellung, wenn sie einander entgegengesetzt gerichtet sind. Nebenstellung nennen wir eine Lage der Polsysteme, in welcher Nebenaxen von T und T_1 mit der Centrallinie OO_1 zusammenfallen. Die erste Nebenstellung haben wir bei entgegengesetzter Orientierung der Pol-

1) Molekulartheorie der piezoelektrischen und pyroelektrischen Erscheinungen. Gött. Abhandl. Bd. 38. 1892. Wied. Ann. 49, S. 459.

systeme, die zweite Nebenstellung bei gleicher Richtung.

Die im Mittelpunkt des von einem Polsystem gebildeten Sechsecks auf seiner Ebene errichtete Senkrechte nennen wir die Normale des Polsystems.

2. Die erste Aufgabe, die zu lösen ist, besteht in der Aufstellung des Potentiales, welches zwei trigonale Polsysteme aufeinander ausüben. Das eine Polsystem T betrachten wir dabei als fest, das andere T_1 als beweglich. Die Beweglichkeit von T_1 ist eine doppelte, einmal kann sich sein Mittelpunkt O_1 beliebig im Raume verschieben, zweitens kann sich das System beliebig um diesen Mittelpunkt drehen.

Den Mittelpunkt O des im Raume festliegenden Systems machen wir zum Anfangspunkt eines rechtwinkligen Koordinatensystems. Die x-Axe falle zusammen mit der Hauptaxe

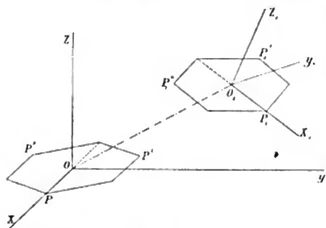


Fig. 1.

OP, die y-Axe mit der dazu senkrechten Nebenaxe, die z-Axe mit der Normale. Hat die Seite des regulären Sechsecks die Länge a, ist ε die Stärke der in den Ecken des Sechsecks verteilten positiven und negativen Pole, so ist das Potential des Systems T in einem Punkt O_1 mit den Koordinaten x, y, z gegeben durch:

$$u = \frac{15}{4} \varepsilon a^3 \frac{x^3 - 3xy^2}{r^7}.$$

Man übersieht weiter, dass das Potential $\mathfrak{U}$, welches von dem System T auf T_1 ausgeübt wird, aus u durch einen dem Taylorschen Satze entsprechenden Differentiationsprozess abgeleitet werden kann. Das Potential $\mathfrak{U}$ wird dann dargestellt durch ein Aggregat von Termen, von denen jeder aus zwei Faktoren besteht. Man erhält eine Reihe von Faktoren, welche nur von der Lage des Punktes O_1 abhängen; man kann diese Lage, wie bisher, durch die rechtwinkligen Koordinaten x, y, z bestimmen, man kann auch Polarkoordinaten einführen durch die Gleichungen

$$x = r\cos\mathfrak{o}\sin\mathfrak{t}, \quad y = r\sin\mathfrak{o}\sin\mathfrak{t}, \quad z = r\cos\mathfrak{t}.$$

Die zweite Reihe von Faktoren hängt nur ab von den Winkeln, durch welche die Orientierung des Systems T_1 bestimmt wird. Man kann zu diesem Zwecke mit dem System T_1 ein Koordinatensystem x_1, y_1, z_1 verbinden, welches zu T_1 ebenso liegt, wie x, y, z zu T. Die Lage von T_1 ist dann bestimmt durch die Lage dieses zweiten Koordinatensystems, und diese bestimmen wir in bekannter Weise:

1. durch den Winkel ϑ zwischen den Axen z und z_1,
2. durch den Winkel φ, welchen die Ebene zz_1 mit der Ebene zx einschliesst,
3. durch den Winkel f, den die Ebene z_1z mit der Ebene z_1x_1 bildet.

Vergleiche die Fig. 2, welche eine stereographische Projektion der beiden Koordinatensysteme auf die Ebene x_1y_1 giebt.

Das von dem System T auf T_1 ausgeübte Potential kann nun auf die Form gebracht werden:

$$\frac{16}{15\,\varepsilon^2 a^6}\,\mathfrak{U} = EU + \Phi V + \Gamma W + HX + IY + KZ + 6\,\Delta T.$$

Hier hängen die Faktoren E, Φ, Γ, H, I, K, Δ nur ab von ϑ, φ und f; die Faktoren U, V, W, X, Y, Z und T nur von x, y, z beziehungsweise von r, $\mathfrak{t}$ und $\mathfrak{o}$.

3. Gleichgewicht des Systems T_1. Wenn das System T_1 unter der Wirkung der von T ausgehenden Kräfte im Gleichgewicht ist, so müssen die Differentialquotienten von $\mathfrak{U}$ nach den Veränderlichen r, $\mathfrak{t}$, $\mathfrak{o}$, ϑ, φ, f verschwinden. Die Behandlung der sehr komplizierten Bedingungsgleichungen vereinfachen wir durch die Annahme, dass die Entfernung OO_1 der Mittelpunkte der beiden Polsysteme ein unveränderlicher, dass der Punkt O_1 gezwungen sei, auf einer um O mit dem Halbmesser r beschriebenen Kugelfläche zu bleiben. Die Frage, in welcher Weise und bis zu welchem Grade diese Bedingung durch eine mechanische Verknüpfung der Polsysteme realisiert werden kann, schliessen wir von der Betrachtung aus.

Nun haben die Faktoren des Potentiales $\mathfrak{U}$ die folgenden Eigenschaften:

1. Es ist sowohl für $\mathfrak{t} = 0$, als für $\mathfrak{t} = \pi/2$

$$Y = Z = T = 0,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \mathfrak{t}} = \frac{\partial V}{\partial \mathfrak{t}} = \frac{\partial W}{\partial \mathfrak{t}} = \frac{\partial X}{\partial \mathfrak{t}} = 0.$$

2. Es ist für $\vartheta = 0$

$$I = K = \Delta = 0,$$

$$\frac{\partial E}{\partial \vartheta} = \frac{\partial \Phi}{\partial \vartheta} = \frac{\partial \Gamma}{\partial \vartheta} = \frac{\partial H}{\partial \vartheta} = 0.$$

Die Gleichungen $\frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial \mathfrak{t}} = 0$ und $\frac{\partial \mathfrak{U}}{\partial \vartheta} = 0$ werden somit durch die folgenden Wertpaare der Winkel $\mathfrak{t}$ und ϑ befriedigt:

1. $t = o$ und $\vartheta = o$,

2. $t = \frac{\pi}{2}$ und $\vartheta = o$.

Durch die von T ausgehenden Kräfte wird somit das System T_1 so verschoben, dass sein Mittelpunkt entweder in die Normale z, oder in die Ebene xy des Systems T fällt. Gleichzeitig stellt sich dann die Normale z_1 von T_1 parallel der Normale z von T.

Wenn $\vartheta = o$ ist, so tritt in den Faktoren $E, \Phi \ldots$ nur die Differenz der Winkel φ und f auf; es ist dann zweckmässiger, an Stelle dieser Differenz den Winkel ψ einzuführen, den die Hauptaxen x und x_1 der beiden Systeme mit einander bilden.

I. Es sei $t = o$, der Mittelpunkt von T_1 liegt in der Normale von T; die Normalen

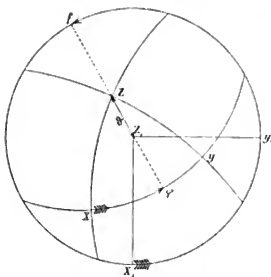


Fig. 2.

der beiden Systeme sind einander parallel. Für das von T auf T_1 ausgeübte Drehungsmoment ergiebt sich:

$$-\frac{\partial U}{\partial \psi} = \frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 3 \cdot 24 \frac{\sin 3\psi}{r^2}.$$

Sind die Hauptaxen der beiden Systeme einander gleichgerichtet, so ist das Gleichgewicht labil, sind sie einander entgegengesetzt, stabil.

II. Es sei $t = \frac{\pi}{2}$, der Mittelpunkt von T_1 liege in der xy-Ebene; es ist dann gleichzeitig $\vartheta = o$. Gleichgewicht tritt ein, wenn entweder $o = o$, oder $o = \frac{\pi}{2}$.

IIa. Es sei $o = o$; der Mittelpunkt von T_1 liegt auf der x-Axe; ϑ ist gleich Null. Für das von T auf T_1 ausgeübte Drehungsmoment ergiebt sich:

$$-\frac{\partial U}{\partial \psi} = -\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16}\, 3 \cdot 35\,4\, \frac{\sin 3\psi}{r^7}.$$

Das Gleichgewicht ist stabil, wenn die beiden Polsysteme in der ersten Hauptstellung zu einander sich befinden, labil für die zweite Hauptstellung.

IIb. Es sei $o = \frac{\pi}{2}$; der Mittelpunkt von T_1 liegt auf der y-Axe. Das von T auf T_1 ausgeübte Drehungsmoment wird:

$$-\frac{\partial U}{\partial \psi} = \frac{15\,\varepsilon^2 a^h}{16} \cdot 3 \cdot 339 \frac{\sin 3\psi}{\gamma^2}.$$

Das Gleichgewicht ist stabil für die erste, labil für die zweite Nebenstellung.

4. An das Vorhergehende schliessen sich noch zwei Bemerkungen.

Die Mittelpunkte zweier Systeme T_1 und T_1' liegen in der xy-Ebene symmetrisch zu einer Hauptaxe des Systems T; die Systeme T_1 und T_1' seien gleichgerichtet mit T. Unter diesen Umständen sind die von T_1 und von T_1' auf T ausgeübten Drehungsmomente einander entgegengesetzt gleich.

Ebenso heben sich die Wirkungen zweier Systeme T_1 und T_1' auf T gegenseitig auf, wenn ihre Mittelpunkte symmetrisch liegen zu einer Nebenaxe von T_1 und wenn sie mit T gleichgerichtet sind.

5. Gleichgewicht eines ebenen Molekülgitters. Wir betrachten im Folgenden die Gleichgewichtsbedingungen eines Systems von Molekülen, welches in der xy-Ebene ausgebreitet ist. Jedes Molekül bilde den Mittelpunkt eines trigonalen Polsystems, welches mit ihm fest verbunden, also nur gleichzeitig mit dem Molekül verschiebbar und drehbar sei. Die Axen des Polsystems werden wir dann auch als Axen, Haupt- und Nebenaxen des Moleküles selbst bezeichnen. Ausser den elektrischen Wechselwirkungen können zwischen den einzelnen Molekülen auch molekulare Anziehungen vorhanden sein; notwendig ist ihre Annahme nicht, weil zwei trigonale Polsysteme, die bei konstant gehaltener Entfernung in stabiler Gleichgewichtslage sich befinden, jederzeit eine der achten Potenz der Entfernung umgekehrt proportionale Anziehung auf einander ausüben. Dagegen ist die Annahme einer besonderen molekularen Wirkung nicht zu umgehen, welche verhindert, dass sich die Moleküle über eine gewisse kleinste Distanz r_0 ihrer Mittelpunkte hinaus einander nähern. Wenn wir also mit dieser Molekulardistanz r_0 um den Mittelpunkt eines Moleküls eine Kugel beschreiben, so müssen die Mittelpunkte benachbarter Moleküle auf der Oberfläche dieser Kugel liegen.

Eine Anordnung der Moleküle zu einem ebenen Gitter, bei dem zunächst alle benach-

barten Moleküle in stabilem Gleichgewicht gegen einander stehen, erhalten wir in folgender Weise. Von dem Mittelpunkt O des Koordinatensystems aus tragen wir (Fig. 3) auf der x-Axe die Strecken

$$Oa_1 = a_1 b_1 = b_1 d_1 = \ldots$$
$$= Oa_4 = a_4 b_4 = b_4 d_4 = \ldots = r_0 \text{ ab.}$$

Durch die Punkte

$$O, a_1, b_1, d_1, a_4, b_4, d_4 \ldots$$

ziehen wir zwei Schaaren von Parallellinien, welche mit der x-Axe Winkel von je 60^0 einschliessen. Die Schnittpunkte dieser Parallelen verteilen sich auf die Ecken und Seiten von regulären Sechsecken, welche den Mittelpunkt des Koordinatensystems konzentrisch umgeben. In jene Schnittpunkte legen wir die Mittelpunkte

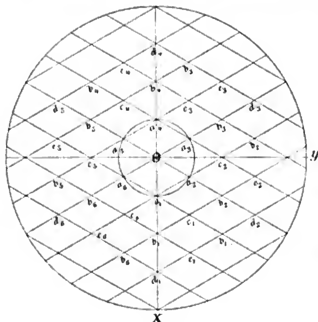


Fig. 3.

der Moleküle; die mit ihnen verbundenen Polsysteme orientieren wir so, dass je eine Hauptaxe mit der x-Axe, eine Nebenaxe mit der y-Axe parallel ist.

Ist das Molekülgitter unendlich ausgedehnt, so folgt aus Symmetriegründen, dass sämtliche Moleküle in stabilem Gleichgewicht sich befinden.

Das Molekülgitter sei begrenzt durch ein reguläres Sechseck, dessen Mittelpunkt in O liegt, und von dem ein Durchmesser parallel ist entweder mit der x-Axe oder mit der y-Axe des Koordinatensystems. Bei der getroffenen Anordnung sind dann alle Moleküle im Gleichgewicht, welche auf den Hauptaxen und auf den Nebenaxen der in O liegenden Molekel sich befinden; insbesondere sind die in den Ecken und in den Seitenmitten des begrenzenden Sechseckes liegenden Moleküle in stabilem Gleichgewicht. Andere Moleküle dagegen, mit Bezug auf deren Hauptaxen oder Nebenaxen das Molekülgitter keine symmetrische Anordnung zeigt, erleiden gewisse Drehungsmomente. Für die Moleküle im Inneren des Gitters sind diese Momente verschwindend klein, für Moleküle am Rande des Gitters erhalten sie einen merklichen, wenn auch immer kleinen Betrag. Diese besonderen, an der Grenze eines Molekülgitters eintretenden Verhältnisse mögen durch das Folgende erläutert werden.

6. **Wir begrenzen das Molekülgitter durch die Linien** Ox und $Od_3 \ldots$, so dass der stumpfe von diesen Linien gebildete Winkel von Molekülen erfüllt ist. Unter diesen Umständen müssen die in $a_1, b_1, d_1 \ldots$ befindlichen Moleküle gewisse Drehungen erleiden. Nehmen wir z. B. das Molekül a_1, so entspricht der Molekülreihe $Oa_3 b_3 d_3 \ldots$ keine symmetrische mit Bezug auf die Hauptaxe $a_1 c_1$ des Moleküles.

Nehmen wir zunächst an, dass die Hauptaxen aller Moleküle gleichgerichtet sind, so werden die Moleküle $b_3, d_3 \ldots$ gewisse Drehungsmomente auf a_1 ausüben. Dadurch wird a_1 um einen solchen Winkel gedreht, dass die Gesamtheit der von allen Nachbarmolekülen herrührenden Drehungsmomente gleich Null wird. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei $b_1, d_1 \ldots$

Die in Folge dieser Verhältnisse wirklich eintretenden Drehungen sind allerdings ausserordentlich klein. Die Drehung beträgt bei a_1 nur etwas mehr wie $1''$, bei b_1 und den folgenden Molekülen ist sie verschwindend klein.

7. **Druck und Spannung in den Grenzlinien des Molekülgitters.** Das Gitter werde ebenso wie im vorhergehenden begrenzt durch die Linien Ox und $Od_3 \ldots$ Das in den Ecken O liegende Molekül erleidet dann infolge der elektrischen Wechselwirkungen einen Zug in der Richtung Od_2, näherungsweise gleich:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^h}{16} \cdot \frac{5190}{r_0^8}.$$

Das der Ecke zunächst liegende Molekül a_1 erleidet einen Zug in der Richtung der y-Axe, senkrecht zu der Grenzlinie von dem Betrage:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^h}{16} \cdot \frac{4330}{r_0^8};$$

einen Zug in der Richtung der x-Axe, also in der Grenzlinie von der Grösse:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^h}{16} \cdot \frac{9{,}7}{r_0^8}.$$

Bei den folgenden Molekülen der Grenzlinie bleibt der Druck senkrecht zu dieser nahezu unverändert, der Zug in der Grenzlinie wird sehr schnell unmerklich.

8. **Räumliche Molekülgitter.** Zu einem unbegrenzten in der xy-Ebene ausgebreiteten Gitter trete zunächst ein weiteres Molekül, dessen Mittelpunkt im Abstande r_0 über O

sich befinde. Seine Normale wird aus Symmetriegründen in die z-Axe sich einstellen. Das von dem Molekül O herrührende Drehungsmoment ist:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 72 \, \frac{\sin 3\psi}{r_0^7}.$$

Das von dem Molekül a_1 herrührende Drehungsmoment wird:

$$-\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 12{,}43 \, \frac{\sin 3\psi}{r_0^7}.$$

Drehungsmomente von derselben Grösse werden aber auch von den Molekülen $a_2 - a^6$ ausgeübt werden. Wenn wir uns beschränken auf die Betrachtung der von den 7 zunächst benachbarten Molekülen ausgehenden Wirkungen, so ergiebt sich für das über O befindliche neue Molekül ein Drehungsmoment

$$-\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 2{,}6 \cdot \frac{\sin 3\psi}{r_0^7}.$$

Das zu dem ebenen Gitter auf der z-Axe im Molekularabstand neu hinzutretende Molekül ist im stabilen Gleichgewicht, wenn es mit den Molekülen des Gitters gleichgerichtet ist.

Damit ist die Möglichkeit gegeben, dass sich über dem Gitter in der xy-Ebene im Molekularabstand r_0 ein zweites Gitter bildet, sodass seine Projektion auf die xy-Ebene mit dem zuerst vorhandenen Gitter zusammenfällt.

Man kann aber noch eine zweite Möglichkeit ins Auge fassen. Über dem Dreieck Oa_2a_3 errichten wir mit dem Molekularabstand als Seite ein reguläres Tetraëder. In seine Spitze bringen wir das neue Molekül, dessen Normale sich wieder der z-Axe parallel stellen muss. Das von dem Molekül O ausgeübte Drehungsmoment wird:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 9 \cdot \frac{\sin 3\psi}{r_0^7}.$$

Da Drehungsmomente von derselben Art auch von den Molekülen a_2 und a_3 ausgeübt werden, so ist das Drehungsmoment der drei Moleküle O, a_1 und a_2 gleich:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 27 \cdot \frac{\sin 3\psi}{r_0^7}.$$

Das in der Spitze des über Oa_2a_3 konstruierten Tetraëders neu hinzutretende Molekül ist im Gleichgewicht, wenn seine Axen entgegengesetzt liegen, wie die Axen der Moleküle in dem Gitter der xy-Ebene.

Eine zweite Schicht von Molekülen kann sich hiernach auch so anlegen, dass ihre Moleküle ein Netz von regulären Sechsecken bilden; seine Knotenpunkte liegen über den Mitten der gleichseitigen Dreiecke der ersten Schicht. Die Orientierung der Moleküle ist in der zweiten Schicht entgegengesetzt, wie in der ersten.

9. Verdrehung der Moleküle an der Kante eines räumlichen Gitters. Wir betrachten in Fig. 3 die Gitterpunkte als Projektionspunkte eines zweiten kongruenten Gitters, welches im Molekularabstand r_0 über dem ersten sich befindet. Die von den beiden Gittern gebildete Platte werde begrenzt durch die Ebene xOz und d_3Oz, so dass die Moleküle den zwischen diesen Ebenen liegenden stumpfen Winkel füllen. Unter diesen Umständen erleiden die in der Kante Oz übereinander liegenden beiden Moleküle eine kleine Verdrehung; ihre Normalen neigen sich in der Ebene d_2Oz, sodass ihre Ebenen nach dem Inneren der von den Molekülgittern gebildeten Platte zu einen spitzen Winkel bilden; die Abweichung der Normalen von der Axe z beträgt aber nur 28″. Auch die in a_1, b_1 . . a_3, b_3 . . projizierten Moleküle werden in ähnlicher Weise gedreht; der Betrag der Drehung ist etwa derselbe wie bei den in O sich projizierenden Molekülen. — Es ergiebt sich aus den vorhergehenden Betrachtungen, dass der gewählten Anordnung der Moleküle ein sehr hoher Grad von Stabilität zukommt. Ähnlich wie bei einer Flüssigkeit wirken auch auf die Grenzflächen des hexagonalen Molekülgitters senkrechte Drucke; sie sind aber für die verschiedenen Flächen von verschiedener Grösse. Ausserdem aber existieren in den Grenzflächen tangentiale Spannungen, deren Grösse abhängig ist von der Richtung.

10. Wir kehren schliesslich noch einmal zurück zu der Wechselwirkung zweier Moleküle mit trigonalen Polsystemen. Die allgemeinen Lagenverhältnisse sind anschaulich gemacht durch Fig. 1; wir beschränken uns aber auf die Betrachtung der folgenden speziellen Fälle.

1. Der Mittelpunkt von T_1 liege in der x-Axe;

$$\mathfrak{t} = \frac{\pi}{2}, \quad \mathfrak{o} = 0.$$

a) Eine Nebenaxe von T_1 ist parallel der y-Axe und das Molekül T_1 ist um diese Axe drehbar; der Drehungsmoment ist:

$$-\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 36 \, \frac{\sin\vartheta\,(3 + 17\cos^2\vartheta)}{r^7}.$$

b) Eine Hauptaxe fällt zusammen mit der x-Axe und bildet zugleich die Drehungsaxe des Moleküls. Das Drehungsmoment ist:

$$-\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 216 \, \frac{\sin\vartheta\cos\vartheta}{r^7}.$$

2. Der Mittelpunkt von T_1 liegt in der y-Axe;

$$\mathfrak{t} = \frac{\pi}{2}, \quad \mathfrak{o} = \frac{\pi}{2}.$$

a) Eine Nebenaxe von T_1 fällt zusammen mit der y-Axe; das Molekül ist um diese Axe drehbar; der Drehungsmoment ist:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 3\,\frac{\sin\vartheta\,(111 + 6\cos^2\vartheta)}{r^7}.$$

b) Eine Hauptaxe von T_1 ist parallel der x-Axe und ist zugleich Drehungsaxe des Moleküls. Das Drehungsmoment wird:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 666 \cdot \frac{\sin\vartheta\cos\vartheta}{r^7}.$$

3. Der Mittelpunkt von T_1 liege auf der z-Axe; $\upsilon = 0$. a) Das Molekül ist drehbar um eine zur y-Axe parallele Nebenaxe; das Drehungsmoment wird:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 18\,\frac{\sin\vartheta\,(1 + \cos^2\vartheta)}{r^7}.$$

b) Das Molekül ist drehbar um eine zur x-Axe parallele Hauptaxe; das Drehungsmoment wird:

$$\frac{15\,\varepsilon^2 a^6}{16} \cdot 36\,\frac{\sin\vartheta\cos\vartheta}{r^7}.$$

Wenn die Körper der Krystalle aus Gittern von parallel gestellten Molekülen bestehen, so müssen zwei Krystalle aufeinander Drehungsmomente von derselben Art ausüben, wie zwei Moleküle. Herr Poynting[1]) hat nach solchen Drehungsmomenten gesucht, aber ohne Erfolg. Gegen unsere Vorstellung von dem Aufbau der Krystalle ist daraus kein Einwand zu entnehmen. Sofern jene Wirkungen elektrischer Natur sind, können sie durch die entgegengesetzten Wirkungen von elektrischen Oberflächenschichten kompensiert werden. Es besteht aber ausserdem die Möglichkeit, dass der Körper des Krystalls aus Schichten von abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Molekülen aufgebaut ist; dann würde zwischen der Wechselwirkung der Moleküle und der Wechselwirkung der Krystalle von vornherein keine Übereinstimmung vorhanden sein.

1) Philosophical Transactions 1899. Vol. 192, S. 245.

(Eingegangen 8. März 1900.)

Notiz über die Änderung der elastischen Eigenschaften des vulkanisierten Kautschuks.[1])

Von J. G. Mac Gregor und W. A. Macdonald.

Um die Änderung der Starrheit des Kautschuks mit der Spannung zu bestimmen, wurden Versuche nach der Methode der Schwingungen gemacht. Es ergab sich, dass unter gewissen Bedingungen die Starrheit zuerst kleiner wurde, dann ein Minimum erreichte und schliesslich in demselben Masse wuchs, wie die Spannung. Unter anderen Bedingungen dagegen wurde das Minimum nicht beobachtet. — Unter welchen Bedingungen, z. B. bei welcher vorausgehenden Behandlung des Kautschuks, das Minimum auftrat, konnte nicht völlig ermittelt werden, aber es schien mit der „Ermüdung" zu verschwinden.

Ähnliche Beobachtungen wurden gemacht, um die Änderung des Youngschen Moduls mit der Spannung zu bestimmen. Es ergab sich, dass dieser Modul ein entsprechendes Minimum aufwies, sowohl wenn man die ursprüngliche Beanspruchung immer festhielt und stufenweise weitere Beanspruchung zufügte, als auch wenn man eine bestimmte Zusatzbeanspruchung festhielt und die ursprüngliche Beanspruchung vergrösserte.

Diese Ergebnisse sind mit denen von Mallock (Proc. Roy. Soc. London, 46, 233, 1889) in guter Übereinstimmung. Die für die Starrheit gefundenen Werte liegen zwischen 7.5 und 12.3; diejenigen des Youngschen Moduls zwischen 8,8 und $14 \cdot 10^{10-6}$ cgs. Die genaue Zusammensetzung des Kautschuks war nicht bekannt. Er war grau gefärbt und weder sehr weich noch sehr hart.

1) Ausführlich in Proc. Nova Scotian Institute of Science 10, 28, 1898—99.

(Eingegangen 9. März 1900.)
(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Bemerkung zu der Mitteilung des Herrn W. Francis Magie „Über die spezifische Wärme von Lösungen, die keine Elektrolyte sind".[1])

Von Edm. Van Aubel.

Ich habe in der Physical Review die Arbeit des Herrn W. Francis Magie über die spezifische Wärme von Lösungen, welche keine Elektrolyte sind, gelesen, von der ein Auszug im Heft der physikalischen Zeitschrift vom 24. Februar 1900 veröffentlicht worden ist.[1]) Nach dieser Arbeit wäre die Molekularwärme eines Körpers in einem Gemenge meistens konstant. Zu allererst muss beachtet werden, dass der Verfasser nur die verdünnten Lösungen untersucht hat. Dasselbe Gesetz wurde für eine sehr grosse Zahl von Salzlösungen von Herrn Mathias ausgesprochen und bestätigt, derselbe hat einen Grenzwert der Konzentration angegeben, welchen die Lösungen höchstens haben dürfen. Die Arbeit des Herrn Mathias ist bei dem amerikanischen Forscher nicht citiert.

1) Vgl. diese Zeitschr. I, 21, S. 233, 1900.

Sobald die Konzentration zunimmt, hört die erwähnte Beziehung auf, zu bestehen. Z. B. findet Herr W. Francis Magie für die Mischungen von Glyzerin und Wasser eine konstante mittlere Molekularwärme gleich 54,1. Die genauen Messungen des Herrn Emo an Mischungen derselben Flüssigkeiten, welche von 0 bis 100 Proz. Glyzerin enthielten, zeigen, dass die spezifische Wärme der Mischung immer grösser ist, wie die durch Rechnung ermittelte. So ist z. B. für eine Mischung von 50 Proz. Glyzerin und 50 Proz. Wasser:

die berechnete spezifische Wärme 0,789
die beobachtete „ „ 0,813,

d. h. es zeigt sich eine Abweichung, welche die möglichen Versuchsfehler weit übersteigt.

Andrerseits kann man in allen Werken, in denen die Frage nach der spezifischen Wärme von Mischungen behandelt wird (z. B. Wüllner, Experimentalphysik; Ostwald, allgemeine Chemie; Winkelmann, Physik; u. s. w.), die Untersuchungen finden, welche gezeigt haben, dass die spezifische Wärme eines Flüssigkeitsgemisches grösser ist wie die aus der sogenannten Mischungsregel abgeleitete. Das Gegenteil tritt freilich bei gewissen Mischungen von Wasser und Ameisensäure ein, wie Herr Lüdeking gezeigt hat. Messungen, welche ich früher als ich die Arbeit des Herrn Lüdeking noch nicht kannte an Mischungen mit sehr reiner Ameisensäure machte, und die ich nicht veröffentlicht habe, haben mich zu demselben Resultate geführt. In dieser Hinsicht kann man aus der Mitteilung des Herrn W. Francis Magie einen anderen interessanten Schluss ziehen. Bei Mischungen von Wasser mit Anilin wäre die Molekularwärme des Wassers in der Mischung 34,9, d. h. fast das Doppelte des Wertes, welchen man direkt erhält. Auf der anderen Seite variiert die Molekularwärme des Glyzerins in seinen Mischungen mit Äthylalkohol von 27,0 bis 46,25, sodass man also direkt ungefähr 53 finden würde.

Eine Untersuchung über die spezifischen Wärmen von Mischungen von Wasser und Anilin, die mehr Wasser enthalten, oder von Glyzerin und Äthylalkohol, die mehr Glyzerin enthalten, wäre, wie ich glaube, interessant.

(Eingegangen 13. März 1900.)

(Aus dem Französischen übersetzt von H. Th. Simon.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Anwendungen des elektrischen Stromes in der Chemie.

Von Max Bodenstein.

(Fortsetzung statt Schluss.)

Nach der Vorbereitung der Objekte ist bei beiden Verfahren der weitere Arbeitsmodus ungefähr gleich. Die Gegenstände werden als Kathoden in Elektrolyte gehängt, deren zweckmässigste Zusammensetzung empirisch ermittelt ist. Als Anode steht ihnen im allgemeinen eine Platte desselben Metalls gegenüber, welches den Niederschlag bildet, so dass eine erhebliche Verarmung der Lösung nicht stattfindet. Form der Bäder, Art der Aufhängung, Art der Stromzuführung, Stromdichte, Temperatur u. s. w., alle diese Faktoren variieren von Fall zu Fall, so dass ihre Beschreibung wenig Interessantes bieten würde. Nur über die benutzten Metalle möchte ich noch einige Worte sagen: Die Galvanostegie arbeitet im allgemeinen mit Kupfer, Silber, Gold in cyankalischer, mit Nickel in schwach saurer Lösung, nur in seltneren Fällen mit anderen Metallen, wie Platin, Zinn, Blei oder Zink, kurz mit einer ziemlich kleinen Anzahl von Metallen. Die Auswahl ist eben durchaus keine unbeschränkte: abgesehen von dem schönen Äusseren, das von den galvanostegisch verwendeten Metallen verlangt werden muss, ist es nötig, dass sie untrennbar mit ihrer Unterlage verwachsen, was auch, wenn diese ganz metallisch blank ist, durchaus nicht immer eintritt; so blättert Nickel von Eisen gern ab, und es scheint, als ob die Fähigkeit mancher Metalle, sich schon in der Kälte miteinander zu legieren, eine wesentliche Bedingung für ihr festes Haften sei. Diesen Umstand kann man sich nun auf der anderen Seite aber auch wieder zu Nutze machen: das Abblättern von Nickel und Eisen bleibt aus, wenn man zwischen beiden Metallen eine dünne Kupferschicht erzeugt, die sich ihrerseits mit beiden legiert und eine vollkommene Vereinigung bewirkt.

In der Galvanoplastik ist Kupfer das gebräuchlichste Material, das aus schwefelsaurer Lösung unter exakt ermittelten Bedingungen hart und kompakt niedergeschlagen wird. Aber auch andere Metalle werden gelegentlich gebraucht, Palladium zur Erzeugung von Hohlspiegeln, Eisen und Nickel, besonders für Druckclichés, die man in der Weise herstellt, dass ein dort zuerst erzeugter dünner aber stahlartig harter Eisenüberzug durch Hinterlegung mit Kupfer hinreichend ver-

stärkt wird, so dass ein Negativ entsteht, dessen harte Stirnfläche zahlreiche Abdrucke von höchster Feinheit liefert. —

Galvanoplastik und Galvanostegie beschäftigen sich also mit der Abscheidung der Metalle in vorgeschriebenen Formen, unter Benutzung eines im wesentlichen reinen Rohmaterials. Ein dritter Zweig der elektrolytischen Metallfällung bezweckt die Darstellung der reinen Metalle aus minder reinem Material oder aus ihren natürlich vorkommenden Verbindungen: die Elektrometallurgie.

Die elektrolytische Raffination ist besonders für die Metallurgie des Kupfers und der Edelmetalle von Bedeutung, aber auch für Zink und Zinn sind elektrische Reinigungsmethoden in Gebrauch. Das Verfahren ist dabei stets derart, dass eine Anode von Rohmetall in einer sauren oder alkalischen Lösung des betreffenden Metalls irgend einer Kathode gegenübergestellt wird. Ein hindurchgesandter Strom löst von der Anode das zu gewinnende Metall und alle unedleren Bestandteile, während die edleren ungelöst bleiben und in pulveriger Form als Anodenschlamm zu Boden sinken. Auf der Kathode scheidet sich nun das zu gewinnende Metall, ohne die unedleren Beimengungen in reinem Zustande ab, da es von allen gelösten die geringste Zersetzungsspannung besitzt. Leider ist es aber nicht möglich, auf diese Weise aus einem beliebig unreinen Rohmaterial ein reines Produkt zu gewinnen. Denn die Zersetzungsspannung der verschiedenen Metalle ist — nach der oben schon benutzten Formel von Nernst — sehr wesentlich von der Konzentration abhängig, bis zu welcher sie in der Lösung vorhanden sind. Haben also die unedlen Beimengungen durch die fortgesetzte Auflösung an der Anode eine gewisse Konzentration in der Lösung erreicht, so ist ihre Zersetzungsspannung nicht mehr merklich grösser als die des zu raffinierenden Metalls und sie scheiden sich mit diesem gleichzeitig auf der Kathode ab, und die Raffination wird illusorisch. Deswegen müsste entweder fortwährend neue, relativ reine Lösung zugeführt werden — und das ist nur in den seltensten Fällen ausführbar — oder aber es muss als Kathode ein verhältnismässig reines Rohmaterial verwendet werden, das seinerseits auf hüttenmännischem oder anderem rein chemischen Wege aus den Erzen dargestellt wird. Daher hat die Elektrolyse wässeriger Lösungen für die Metallurgie im allgemeinen nur den Charakter einer letzten Raffination, aber als solche ist sie für die Herstellung der genannten Metalle zum Teil von ausserordentlicher Wichtigkeit. So wird ein grosser Teil der gesamten Kupferproduktion der Erde — von Amerika beispielsweise die gesamte, nach neueren Angaben[1]) — durch Elektrolyse raffiniert, und für die Trennung der Edelmetalle, Gold, Silber, Platin, sowie endlich für die Extraktion der letzten Goldreste aus den Erzen ist diese Aufbereitungsform von hoher Bedeutung.

Die Elektrolyse der Metallsalze ist aber nicht auf die Benutzung wässeriger Lösungen beschränkt. Geschmolzene Salze sind ebenfalls gute Leiter des Stromes und diese Thatsache hat der Metallurgie ein neues grosses Arbeitsfeld eröffnet. Die Arbeit mit wässerigen Lösungen beschränkte sich im wesentlichen auf die Raffination relativ reiner Ausgangsprodukte: in der Elektrolyse feurig-flüssiger Salze haben wir ein Mittel zur Darstellung der Metalle aus ihren natürlich vorkommenden Verbindungen, das vor allem gerade bei den Metallen leicht durchfuhrbar ist, deren hüttenmännische Gewinnung durch Erhitzen der Oxyde mit Kohle nicht oder nur schwierig gelingt, bei den Alkalimetallen, beim Magnesium, beim Aluminium.

1) Titus Ulke, Zeitschr. f. Elektrochemie 3. 425.

(Schluss folgt.)

Tagesereignisse.

Der unlängst verstorbene englische Physiker Hughes, der Erfinder des Typendruck-Telegraphen, hat der Akademie der Wissenschaften zu Paris die Summe von 100000 Francs gestiftet, deren Zinsen jährlich dem Autor der besten praktischen Erfindung auf dem Gebiete der Physik, der Elektricität und des Magnetismus zugewendet werden sollen.

Personalien.

In der philosophischen Fakultät der Universität Berlin habilitierte sich Professor Dr. Eduard Buchner von der Landwirtschaftlichen Hochschule mit der Antrittsvorlesung „Die Gärung — ein chemischer Vorgang." Buchner, geb. 1860, begann seine Lehrthätigkeit an der Münchener Universität und war dann ausserordentlicher Professor bei der naturwissenschaftlichen Fakultät zu Tübingen.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 26. 31. März 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Bestimmung von Absorptionskoeffizienten im ultravioletten Spektralgebiete.

Von B. Glatzel.

Eine grosse Anzahl von Untersuchungen über die Absorption der verschiedensten Substanzen im ultravioletten Spektralgebiete sind von Soret[1]) sowie von Hartley und Huntington[2]) durchgeführt worden. Dieselben sind jedoch rein qualitativer Natur und geben über die absolute Grösse der Absorption keinen Aufschluss. Als erster hat H. Th. Simon[3]) nach einem von ihm angegebenen photometrischen Verfahren absolute Absorptionskoeffizienten bestimmt. Gegen die Genauigkeit der Methode lässt sich jedoch das Bedenken geltend machen, dass das Bunsen-Roscoesche Gesetz bei einer intermittierenden Belichtung der photographischen Platten, wie sie dort benutzt wird, nicht mehr gilt und man daher aus gleichen Schwärzungen nicht auf gleiche Intensitäten schliessen darf. Ich habe nun auf Anregung von Herrn Professor Dr. E. Wiedemann versucht, die sehr einfache Methode des Vierordt'schen Doppelspaltes, welche bisher nur für den sichtbaren Teil des Spektrums verwertet worden ist, für die Bestimmung von Absorptionskoeffizienten auch im ultravioletten Spektralgebiete passend umzuformen. Die dabei erreichte Genauigkeit war recht befriedigend.

Das Prinzip der Methode ist folgendes: Die zu untersuchende Substanz wird in passender Verdünnung in einem Quarztrog vor die eine Hälfte des Vierordt'schen Doppelspaltes gebracht und zunächst bei gleicher Breite beider Spalthälften das absorbierte und das nicht absorbierte Spektrum gleichzeitig photographisch aufgenommen. Mit Hülfe irgend eines der gebräuchlichen Photometer wird dann das Verhältnis der Schwärzungen, d. h. ganz angenähert der Absorptionskoeffizient, für eine Anzahl Wellenlängen ermittelt, damit man sich ein ungefähres quantitatives Bild von dem Verlaufe der Absorptionskurve und der Lage der Maxima und Minima verschafft. Dann wird das Beobachtungsfernrohr des Spektralapparates nach einander auf die einzelnen Spektralbereiche, für welche die Absorptionskoeffizienten bestimmt werden sollen, eingestellt und hierauf an der Hand der ersten Bestimmung das Verhältnis der Spaltbreiten des Doppelspaltes so variiert, dass man für irgend eine Stelle innerhalb des eingestellten Spektralbezirkes auf der photographischen Platte Gleichheit der Schwärzungen erhält. Die Gleichheitsstelle wird nach der unten angegebenen Methode aufgesucht und dann die zugehörige Wellenlänge aus der Aichungskurve des benutzten Spektralapparates für das Ultraviolett ermittelt. Für diese Wellenlänge lässt sich aus dem Verhältnis der Spaltbreiten und der Dicke der absorbierenden Schicht der Absorptionskoeffizient α nach der Formel

$$\alpha = -\frac{1}{d}\frac{lg\frac{i}{i}}{lg e}$$

berechnen. d ist die in Millimetern gemessene Schicht, $\frac{i}{i}$ das Verhältnis der Intensitäten, welches gleich dem umgekehrten Verhältnis der Spaltbreiten ist.

Die in obigem geschilderte Methode kann aber nur angewendet werden, wenn man ein kontinuierliches ultraviolettes Spektrum benutzt. Eine Prüfung des Spektrums des elektrischen Flammenbogens zeigte, dass dasselbe etwa bis zur Wellenlänge 230 $\mu\mu$ einen hinreichend kräftigen kontinuierlichen Hintergrund besitzt, was für meine Untersuchungen vollkommen genügte.

Die Gleichheitsstelle auf den photographischen Platten ermittelte ich auf folgende

1) J.-L. Soret, Arch. de Gen. (2), 61, S. 322, 1878; 63, S. 89, 1880; (3), 4, S. 261, 1883; 9, S. 513, 1886; 10, S. 429, 1886.

2) Hartley u. Huntington, Proc. of the Roy. Soc. No. 192, 1879; No. 221, 1882; Chem. Soc. 1880, 1882, 1891.

3) H. Th. Simon, Wied. Ann. 59, S. 91, 1896.

sehr einfache, aber doch hinreichend genaue photometrische Methode: Auf einen Bogen schwarzen matten Papiers klebt man einen etwa 1 mm breiten Streifen weissen Papiers und benutzt diesen wie einen beleuchteten Spalt, indem man die photographische Platte über ihn hinwegschiebt und dabei die jeweilige Gleichheitsstelle bestimmt.

Eine Anzahl von Absorptionskoeffizienten und damit der Verlauf der Absorptionskurve wurde für eine wässrige Kaliumnitratlösung und eine wässrige Acetonlösung bestimmt.

In den Tabellen bezeichnet λ die Wellenlänge in $\mu\mu$, für welche der Absorptionskoeffizient ermittelt ist, v die Anzahl Liter, in denen 1 Molekül der Substanz gelöst ist, α_c den Absorptionskoeffizienten für die entsprechende Konzentration, α_1 den auf die Konzentration 1 Molekül ist 1 Liter umgerechneten Absorptionskoefficienten und α_m den Mittelwert zusammengehöriger Bestimmungen. Nach den in den Tabellen angegebenen Werten von α_m wurden die Kurven I und II gezeichnet. (Fig. 1 und 2.)

I. Aceton.

λ	v	α_c	α_1	α_m
292	10	0,0978	0,978	0,98
286	10	0,1646	1,646	1,59
	12	0,1296	1,555	
	14	0,1115	1,56	
280	10	0,1996	1,996	2,05
	12	0,1646	1,974	
	14	0,1554	2,175	
275	10	0,2529	2,529	2,44
	12	0,1961	2,348	
	14	0,1551	2,475	
270	10	0,2793	2,793	2,83
	12	0,2471	2,965	
	14	0,1961	2,745	
264	12	0,2648	3,18	3,18
	14	0,2277	3,18	
260	10	0,3028	3,028	3,01
	12	0,2529	3,035	
	14	0,2128	2,979	
255	10	0,2712	2,712	2,69
	12	0,2277	2,732	
	14	0,1889	2,645	
246	10	0,1961	1,961	1,96
243	10	0,1772	1,772	1,77
240	10	0,1405	1,405	1,41
238	10	0,1178	1,178	1,18
235	10	0,1049	1,049	1,05

II. Kaliumnitrat.

λ	v	α_c	α_m
302	6	0,2277	1,366
308—297	4	0,3385	1,352
291	8	0,1554	1,243
288	4	0,2747	1,098
285	8	0,1296	1,037
279	4	0,1961	0,784
272	8	0,0832	0,665
263	8	0,0751	0,601
256	8	0,0908	0,726
238	100	0,3250	32,5

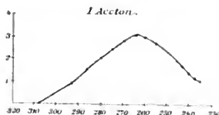


Fig. 1.

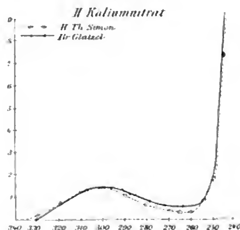


Fig. 2.

Ein Vergleich der von H. Th. Simon und von mir für Kaliumnitrat gefundenen Absorptionskoeffizienten zeigte, dass die meinigen 10 mal so gross waren und eine Neuberechnung der Werte von H. Th. Simon ergab, dass lediglich ein Versehen in der Berechnung von Seiten des genannten Verfassers vorlag. Nach Entfernung dieses Fehlers wurde in der Zeichnung für Kaliumnitrat auch die von H. Th. Simon gefundene Kurve angegeben. Die Abweichungen zwischen beiden Kurven lassen sich vielleicht z. T. auf die anfangs erwähnte Fehlerquelle der Methode von H. Th. Simon zurückführen, da sie meist ausserhalb der Fehlergrenze meiner Methode liegen. Immerhin ist die Übereinstimmung zwischen beiden Kurven eine gute. Um ein Mass für die Genauigkeit meiner Methode zu erhalten, gebe ich in Tabelle III die bei verschiedenen Konzentrationen bestimmten Absorptionskoeffizienten für das Maximum in Kurve II bei der Wellenlänge 302 $\mu\mu$.

Tabelle III.

v	a_1
6	1,36
4	1,35
8	1,28
8	1,32
4	1,35
4	1,35
5	1,35
5	1,36
8	1,32
Mittel	1,34

grösste Abweichung vom Mittelwert 0,06 = 4,5%.

Wie sich aus der Tabelle ergiebt, beträgt die grösste Abweichung vom Mittelwert 0,06, mithin 4,5 Proz. Die Genauigkeit ist also befriedigend.

Da diese Methode jedoch infolge ihrer Abhängigkeit von einem kontinuierlichen ultravioletten Spektrum nur für einen Teil des ultravioletten Spektralgebietes anwendbar ist, wäre es vielleicht zweckmässig, das Prinzip von H. Th. Simon mit der oben beschriebenen Methode des Vierordtschen Doppelspaltes zu verbinden. Der Gang der Untersuchung würde etwa der folgende sein.

Im Beobachtungsfernrohr blendet man, wie H. Th. Simon es angiebt, mittelst eines Okularschiebers die Spektrallinie aus, für welche man den Absorptionskoeffizienten bestimmen will, und führt dann die photographische Platte mit konstanter Geschwindigkeit an dem Spalt vorbei, so dass auf der photographischen Platte sowohl von dem oberen als auch von dem unteren Teil der Linie ein kontinuierliches Band entsteht. Verbreitert man nun z. B. die obere Hälfte des Doppelspaltes, mithin auch den unteren Teil der Spektrallinie, so wird der untere Teil der Photographie eine grössere Schwärzung zeigen als der obere. Zur Bestimmung von Absorptionskoeffizienten variiert man wiederum das Verhältnis der Spaltbreiten so lange bis man für die gewünschte Stelle Gleichheit der Schwärzungen erhält. Die Breite des Okularspaltes muss natürlich mindestens gleich der Breite der am meisten geöffneten Spalthälfte sein.

Erlangen, Physikalisches Institut, März 1900.

(Eingegangen 14. März 1900.)

Über das Leitvermögen wässriger Ammoniaklösungen.

Von Franz Goldschmidt.

Gelegentlich einer auf Anregung von Herrn Professor Abegg unternommenen Arbeit über den Molekularzustand des Ammoniaks in seiner wässrigen Lösung habe ich das Leitvermögen wässriger Ammoniaklösungen, welches bisher nur an ziemlich verdünnten Lösungen studiert worden ist, innerhalb eines grossen Konzentrationsintervalles untersucht. Es hat sich dabei das überraschende Resultat ergeben, dass das Ammoniak nur in seinen allerverdünntesten Lösungen dem Ostwaldschen Verdünnungsgesetze gehorcht, und dass beim Aufsteigen zu höheren Konzentrationen der Wert der Ostwaldschen Verdünnungsfunktion $\mu_v^2 / \mu_\infty (\mu_\infty - \mu_v) v$, welcher ja eigentlich konstant sein sollte, in rapider Weise fällt.

In der folgenden Tabelle sind unter $1000\,\eta$ die Molkonzentrationen pro Liter, unter $\varkappa$ die spezifischen Leitfähigkeiten, unter $K \cdot 10^6$ die Werte der Verdünnungsfunktion verzeichnet. Zur Berechnung der Werte von K verwendete ich das von Bredig in Bd. 13 der Zeitschr. f. phys. Chem. angegebene μ_∞, welches ich auf Ohmeinheiten umrechnete. Dasselbe beträgt in reciproken Ohm 252. Die Messungen wurden bei 25° im Thermostaten ausgeführt.

$1000\,\eta$	$10^4 \cdot \varkappa$	$10^6 \cdot K$
0,0109	1,220	22,4
0,0219	1,730	22,2
0,0553	2,718	21,5
0,1107	3,843	21,4
0,3148	6,339	20,3
0,541	7,882	19,1
0,666	8,776	18,3
0,817	9,510	17,6
0,935	10,02	17,0
1,081	10,57	16,3
1,586	11,77	13,8
2,190	12,70	11,6
2,955	12,96	9,0
3,521	12,91	7,46
4,720	12,18	4,96
7,930	8,703	1,51
9,204	7,910	1,07
12,89	4,323	0,23

Wie aus obiger Tabelle hervorgeht, existiert eine Ammoniaklösung maximaler Leitfähigkeit, und zwar liegt die Konzentration derselben zwischen 3 fach und 3,5 fach normal (vgl. Fig. 1).

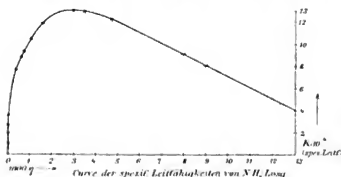


Fig. 1.

Noch stärkere Lösungen zeigen ein abnehmendes Leitvermögen, sodass eine ca. 13 fach normale Lösung nicht besser leitet, als eine etwa 0,1 bis 0,2 fach normale. Die Deutung der eigentümlichen Inkonstanz des K-Wertes hoffte ich zunächst durch Nachweis der Bildung von Komplexen zu finden.

Durch eine solche würde nämlich die Zahl der in der Volumeneinheit gelösten Molekeln eine kleinere werden, als sie sich uns durch Titration ergiebt. Denn bei der Titration würde sich ein Komplex, etwa von der Form $[NH_4 \cdot NH_3]^+$ wie zwei Molekeln verhalten, indem er infolge Störung des Gleichgewichtes zerfällt. Nun beziehen wir aber auf diese zu grosse, durch Titration bestimmte Normalität den Dissociationsgrad, den wir zur Berechnung des K-Wertes verwenden. Der Dissociationsgrad, und mithin der K-Wert, würde also im Falle einer Komplexbildung zu klein erscheinen. — Von vornherein war die Annahme einer solchen Komplexbildung durchaus nichts Unwahrscheinliches, da bekanntlich viele Ammonsalze Ammoniak addieren, was auf Komplexbildung zurückzuführen ist. Die Bestimmung der Gefrierpunkte einiger stärkerer Ammoniaklösungen ergab jedoch, dass die Molekelzahl, welche sich aus der Gefrierpunktserniedrigung berechnen liess, mit der durch Titration gefundenen gut übereinstimmte, soweit dies bei den Abweichungen des osmotischen Druckes konzentrierter Lösungen vom Boyleschen Gesetz möglich war. Bei zwei der untersuchten Lösungen ergaben sich durch Titrationen die Normalitäten 1,09 bezw. 2,08, nach der Gefriermethode (aus den Depressionen 2,17° und 4,31°) 1,17 bezw. 2,33. Eine Komplexbildung liegt also anscheinend nicht vor.

Um ein grösseres additionsfähiges Material, als es die wenigen NH_4^+-Ionen der Ammoniaklösung bieten, zu verwenden, untersuchte ich ein Gemisch von Salmiak und Ammoniak. Da nach dem Massenwirkungsgesetze ein Komplex

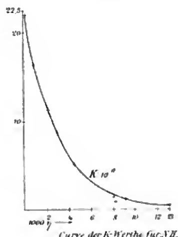


Fig. 2.

von der Formel $[NH_4 (NH_3)_n]^+$ sich proportional dem Produkt $C_{NH_4^+} \cdot C^n_{NH_3}$ ($C_{NH_4^+}$ = Konzentration der NH_4^+-Ionen, C_{NH_3} = NH_3-Konzentration) bilden müsste, so hätte bei der kolossalen Anreicherung der Lösung an NH_4^+-Ionen durch Zusatz von NH_4Cl die Komplexbildung eine sehr bedeutende sein müssen. Aber auch hier ergab die Gefrierpunktsbestimmung ein negatives Resultat. Eine in Bezug auf NH_4Cl 0,455 normale und in Bezug auf Ammoniak 1,657 normale Lösung ergab aus der Gefrierpunktserniedrigung 5,0° die Molekelzahl 2,7 statt 2,5, wie sie zufolge der Titration des NH_3 und unter Berücksichtigung der Dissociation des Salmiaks sich hätte ergeben müssen.

Es bliebe für die Erklärung der Inkonstanz des K-Wertes noch eine Annahme übrig, nämlich die, dass die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen des Ammoniaks variabel, eine Funktion der Zusammensetzung des Mediums ist. Je mehr NH_3 dieses enthält, desto langsamer scheinen jene zu wandern. Auf Grund einiger quali-

tativer Versuche glaube ich, die Aufstellung dieser Hypothese wagen zu dürfen, betone aber, dass die Annahme noch weiterer Prüfung bedarf. Durch ausführlichere Untersuchungen hoffe ich in Bälde die Frage klären zu können. Jedenfalls bietet diese Annahme auch eine gute Erklärung der Existenz eines Punktes maximaler Leitfähigkeit. Bis zu einer gewissen Konzentration hinauf überwiegt die Zunahme der absoluten Ionenzahl das retardierende Moment einer Abnahme der Wanderungsgeschwindigkeit, von da ab tritt dieses mit dem Zurückgehen des Dissociationsgrades in den Vordergrund. — Im Einklang mit der obigen Hypothese steht übrigens, wenn man die innere Reibung der Flüssigkeiten als bedeutungsvoll für die Ionenbeweglichkeit betrachtet[1]), die Thatsache, dass die innere Reibung von NH_3-Lösungen mit ihrem NH_3-Gehalt wächst. Bezogen auf die innere Reibung des Wassers als Einheit, ergab eine Lösung von 1,09 Normalität eine innere Reibung von 1,031, eine solche von 7,93 Normalität eine Reibung von 1,27. Jedes pro Liter gelöste Mol NH_3 erhöht anscheinend die innere Reibung des Wassers um ca. 3%.

Infolge eines ziemlich mangelhaften Verdünnungswassers (von der spec. Leitfähigkeit $3{,}5 \cdot 10^{-6}$) war es mir leider nicht möglich, die verdünntesten Lösungen in zufriedenstellender Weise zu untersuchen. Von ca. 0,1 normal ab scheint sich der K-Wert asymptotisch der Dissociations-Konstanten zu nähern. Für die beiden verdünntesten Lösungen sind die Werte wohl etwas zu hoch ausgefallen, weil hier der nicht kontrollierbare Einfluss des Wassers schon ziemlich ins Gewicht zu fallen scheint. Der wahre Wert der Konstante dürfte etwa bei $22 \cdot 10^{-6}$ liegen.

Ich habe in den vorliegenden Berechnungen das von Bredig angegebene μ_∞ benützt, um einen direkten Vergleich meiner Konstante mit der von diesem Autor gefundenen ($23 \cdot 10^{-6}$) zu ermöglichen. Nach neueren Untersuchungen wird der Wert des μ_∞ möglicherweise höher festzusetzen sein. Unter Benutzung der in „Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte" angegebenen Werte der Beweglichkeit des NH_4^+-Ions und des OH^--Ions für 18° berechnet sich bei 25° für μ_∞ des Ammoniaks der Wert 271. Bei Anwendung dieses Wertes würde sich, falls man den Beginn der Konstanz des K-Wertes bei 0,1 normal ansetzt, als Konstante $18{,}5 \cdot 10^{-6}$ ergeben, ein Wert, der mit dem von Davidson und Hantzsch[2]) berechneten übereinstimmt. Setzen wir den Beginn konstanter K-Werte bei 0,02 normal an, so ergäbe sich als Konstante $19{,}3 \cdot 10^{-6}$.

Chemisches Universitätslaboratorium zu Breslau, Abt. f. physik. Chemie, 17. März 1900.

(Eingegangen 18. März 1900.)

1) G. Wiedemann, Pogg. Ann. **99**, S. 177, 1856; E. Wiedemann, Wied. Ann. **20**, S. 537, 1883; R. Abegg, Ostw. Ztschr. 11, S. 248 und 264, 1893.

2) Ber. D. Chem. Ges. **31**, S. 1633, 1898.

Zur Theorie des Auerlichtes.

Von W. Nernst und E. Bose.

Bringt man einen dicken Platindraht in die Flamme eines Bunsenbrenners, so wird er nur mässig glühend; ein dünnerer wird weissglühend und ein sehr feiner Platindraht kann sogar zum Schmelzen gebracht werden. Dass nicht etwa lediglich die Wärmeleitung die Temperatur herunterdrückt, geht daraus hervor, dass Platinspiralen, wobei die Wirkung jener natürlich sehr herabgesetzt werden muss, im wesentlichen dieselben Erscheinungen zeigen. Offenbar ist es lediglich die Ausstrahlung des erhitzten Körpers, die ihn daran hindert, die Temperatur der Flammengase anzunehmen; es wird dies um so vollständiger erreicht werden, je besser die Wärmezufuhr und je kleiner die Ausstrahlung ist.

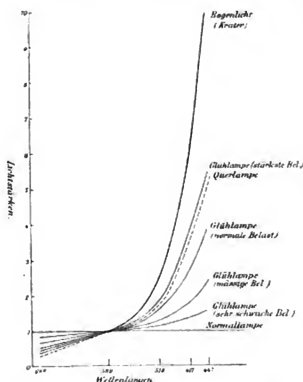
Wenn also eine Substanz in freier Flamme auf möglichst hohe Temperatur, etwa zum Zwecke der Lichterzeugung, gebracht werden soll, so muss 1) für eine sehr feine Verteilung gesorgt werden, damit die Flammengase ihre Wärme möglichst schnell der zu erhitzenden Substanz zuführen können und 2) die Wärmeausstrahlung verkleinert werden.

Über die zweite Bedingung können wir nur insofern verfügen, als man die Natur der Substanz darnach wählen kann; Kohlenstoffteilchen werden in noch so feiner Verteilung die Temperatur der Flammengase nur unvollkommen annehmen, da sie bekanntlich das normale Spektrum des schwarzen Körpers liefern und daher bei den in Betracht kommenden Temperaturen vorwiegend Wärme und relativ sehr wenig Licht emittieren. Gelingt es aber Substanzen ausfindig zu machen, die eine auswählende Emission in dem Sinne haben, dass sie wenig ultrarote Strahlen und im übrigen wenigstens annähernd das normale Spektrum liefern, so werden dieselben relativ vollkommen die hohe Temperatur der Flammengase annehmen und infolgedessen auch relativ viel Licht emittieren.

In der That zeigt schon die ausgesprochen rötliche Färbung der gewöhnlichen Kerzen-, Petroleum- oder Leuchtgasflammen, dass die darin glühenden Kohlenteilchen nicht entfernt

auf die sehr viel höhere Temperatur der Flamme gelangen. Auf der anderen Seite steht die Magnesiumflamme mit ihrer höchstwahrscheinlich niedrigeren Temperatur und dabei blendend weissen (bezw. schwach bläulichen) Färbung; die Vermutung liegt nahe, dass die Magnesiateilchen eine selektive Emission in dem oben bezeichneten Sinne besitzen.

Vor allem aber dürfte sich die günstige Wirkung des Auerlichtes so am einfachsten deuten lassen, wie der Eine von uns (D. R.-P. No. 104872) bereits vor mehreren Jahren andeutete; die nachfolgend beschriebenen Versuche wurden zur näheren Prüfung dieser Anschauungen im Laufe des Wintersemesters 1898/99



ausgeführt. — Bemerkt sei noch, dass inzwischen Le Chatelier und Boudouard[1]) ähnliche Anschauungen geäussert und durch Versuche gestützt haben.

Zunächst wurde die Strahlung des Auerlichts mit derjenigen eines schwarzen Körpers verglichen; als letzteren wählten wir den Faden einer Glühlampe, dem man durch verschiedene Belastung sehr verschiedene Temperaturen erteilen kann. Die Resultate werden sehr übersichtlich, wenn man sich einer bereits von Frl. E. Köttgen[2]) benutzten Kurvendarstellung bedient. Als Abscissen werden die Wellenlängen, als Ordinaten die relativen Lichtstärken aufgetragen, wobei man für Natriumlicht alle Lichtstärken gleich eins setzt. Indem wir verschiedene stark belastete Glühlampen mit Hülfe des Hüfnerschen Spektrophotometers mit einer schwach belasteten und demgemäss während aller Messungen als konstant anzusehenden Glühlampe verglichen, deren Helligkeit im ganzen Spektralgebiet gleich eins gesetzt wurde, erhielten wir eine Kurvenschar, welche die Veränderung der Strahlung schwarzer Körper mit der Temperatur gut veranschaulicht. Um zu untersuchen, ob eine Lichtquelle normale oder selektive Emission besitzt, war dann nur die Prüfung der Frage erforderlich, ob die in entsprechender Weise aufgenommene Kurve dieser Lichtquelle sich in die obige Kurvenschar einreihte oder nicht.

Der Vergleich der Lichtemission wurde stets bei den Wellenlängen 688, 589, 518, 477, 447 ausgeführt; die mit dem hellsten Teil des Kraters einer Bogenlampe erhaltene Kurve schliesst sich, wie die Figur zeigt, sehr gut an diejenige an, die eine möglichst stark überanstrengte Gluhlampe lieferte.

Die Untersuchung des Auerlichts zeigt nun, dass im gelben bis violetten Gebiete des Spektrums die Kurve sich vollkommen in die der Glühlampen einordnete; dass aber im ersten Teile insofern eine äusserst auffällige Abweichung vorhanden ist, als in Übereinstimmung mit älteren Untersuchungen und entsprechend dem deutlich grünlichen Farbenton des Auerlichts daselbst die Emission viel schwächer wird, als der normalen Strahlung entspricht (s. Figur). Man kann also wohl mit Sicherheit extrapolieren, dass auch im ultraroten Gebiete die Wärmestrahlung des Auerstrumpfes viel kleiner ist, als diejenige einer auf gleicher Temperatur befindlichen und sich normal verhaltenden Substanz sein würde; der Auerstrumpf genügt also den oben aufgestellten Forderungen.[1])

Da oft die Vermutung geäussert wurde, als ob die Flammengase einen specifischen Einfluss auf die Lichtemission des Auergewebes ausüben, haben wir schliesslich noch untersucht, ob zwischen der Heizung von dünnen aus seltenen Erden gefertigten Fäden durch Flammengase und durch den galvanischen Strom specifische Unterschiede bestehen; die elektrische Heizung solcher Fäden wurde in bekannter Weise dadurch ermöglicht, dass sie unter hinreichende Spannung gesetzt und dann stark angewärmt wurden. Sobald sie durch diese Vorwärmung schwach leitend geworden

1) Compt. rend. **126**, 1861 (1898).
2) Wied. Ann. **53**, 793 (1894).

1) In einer trefflichen Übersicht über Flammenbeleuchtung theilt Bunte (Ber. deutsch. chem. Ges. **31**, 7 (1898)) einige Versuche mit, wonach Magnesia und die seltenen Erden als schwarze Körper strahlen; dies trifft höchstwahrscheinlich für dicke Schichten dieser Substanzen zu, nicht aber für sehr dünne Fäden oder Blättchen, die Bunte nicht oder wenigstens nur auf einer dicken, gleich temperierter Unterlage von Magnesia untersucht hat.

sind, kann man sie durch einen Strom (am besten Wechselstrom) von regulierbarer Stärke im konstanten Glühen erhalten.

Selbstverständlich muss die Temperatur der Fäden beim Vergleich der Lichtemission bei Flammenheizung mit derjenigen bei elektrischer Heizung gleich sein; dies wurde in der Weise erzielt, dass die Heizung so reguliert wurde, bis der galvanische Widerstand gleich war. Da die Leitfähigkeit fester Elektrolyte sich sehr stark mit der Temperatur ändert, so hat man so ein sehr empfindliches Mass für die Temperatur der Fäden. Bei der Erhitzung durch die Flamme (schwaches Knallgasgebläse) konnte die Widerstandsbestimmung sehr einfach mit Messbrücke und Telephon erfolgen; bei der Erhitzung durch Wechselstrom wurde einfach anstatt des Induktoriums die Spule eines Wechselstromtransformators und anstatt der Messbrücke, die unter den hohen Spannungen gelitten hätte, zwei Glaskondensatoren in die entsprechenden Zweige der Brückenkombination eingeschaltet. Als Vergleichswiderstand diente in beiden Fällen ein elektrolytischer Widerstand von exakter Regulierbarkeit. Meistens wurden übrigens der Einfachheit willen auch bei der ersten Messung anstatt der Messbrücke die gleichen beiden Kondensatoren benutzt und auf das Minimum durch Verschieben einer Elektrode des elektrolytischen Widerstandes eingestellt.

Bei Anwendung dünner Fäden ergaben sich, wie z. B. untenfolgende Tabelle zeigt, nun in der That fast völlig identische Werte der relativen Lichtstärken; bei Benutzung dickerer Stäbchen traten hingegen Unterschiede auf, die jedoch sich sehr einfach dadurch erklären, dass die Heizung durch die Flamme von aussen erfolgt, während bei elektrischer Heizung die Stromlinien mehr im Innern verlaufen.

Wellenlänge	Flammenheizung	Elektrische Heizung	Verhältnis
688	0,770	0,790	1,03
589	1,000	0,987	0,99
518	1,38	1,37	0,99
477	2,39	2,34	0,98
447	4,21	4,09	0,97

Damit ist wohl gleichzeitig der sichere Beweis erbracht, dass wir es bei der Strahlung seltener Erden in der Bunsenflamme mit einer reinen Wärmestrahlung zu thun haben. — Die Einzelheiten der Messungen sollen an anderem Orte ausführlich mitgeteilt werden.

Die Annahme einer katalytischen Wirkung des Auerstrumpfes dürfte jedenfalls für die Erklärung seiner Wirkung nach obigem nicht erforderlich sein; sie ist nach den oben erwähnten Versuchen von Le Chatelier und Boudouard auch wenig wahrscheinlich. Es konstatierten diese Forscher nämlich, dass schon verbrannte glühende Gase denselben Effekt geben wie noch in der Verbrennung befindliche.

Aus der Gesamtheit der vorstehenden Betrachtungen und Beobachtungen ziehen wir den Schluss, dass die günstige Lichtwirkung des Auerstrumpfes folgendermassen zu erklären ist: Wegen seiner relativ geringen Wärmeemission vermag der Auerstrumpf die Temperatur der Flammengase weit vollkommener anzunehmen, als Kohleteilchen oder ähnliche „schwarze" Stoffe; lediglich die so erzielte starke Erhitzung befähigt ihn sodann zu seiner intensiven Emission im Gebiete der sichtbaren, besonders der gelben bis violetten Strahlen und bedingt die höhere Ökonomie des Auerbrenners.

(Eingegangen 20. März 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Anwendungen des elektrischen Stromes in der Chemie.

Von Max Bodenstein.

(Schluss.)

Als Elektrolyt benutzt man bei den Alkalimetallen — nur Natrium und Natriumlegierungen werden so dargestellt – Ätznatron, das schon bei etwa 300° zwischen Eisen-Elektroden zersetzt werden kann. Magnesium lässt sich aus dem Chlorkalium - Chlormagnesium - Doppelsalz gewinnen, das bei etwa 700° zwischen einer Kohle-Anode und dem als Kathode dienenden eisernen Tiegel sich leicht und mit guter Stromausbeute zerlegen lässt. Für Aluminium ist bekanntlich die elektrolytische die einzige technisch mögliche Darstellungsweise und ihre Ausgestaltung hat überhaupt erst eine grössere Produktion dieses Metalls ermöglicht.

Als Elektrolyt dient hier das Fluornatrium-Fluoraluminiumdoppelsalz, oder richtiger eine Lösung von Thonerde in dieser Verbindung. Die Schmelze befindet sich in einem kohlegefütterten eisernen Tiegel, der auch hier wieder als Kathode fungiert, während ein Kohlestab oder ein Bündel solcher den Strom zuführt. Das entstandene flüssige Aluminium wird von Zeit zu Zeit abgestochen und das verbrauchte Material durch Nachfüllen von Thonerde ersetzt,

so dass der Betrieb eines solchen Ofens, wie der eines Eisenhochofens kontinuierlich gestaltet werden kann.

Bei dieser Elektrolyse hat nun aber der Strom nicht nur eine chemische Arbeit zu leisten: er dient nicht nur zur Zerlegung der Thonerde in Metall und Sauerstoff, sondern ein grosser Teil, etwa $^1/_3$, werden zum Niederschmelzen der Beschickung verbraucht, die ihm einen grossen Widerstand darbietet. Daher braucht der Tiegel nicht von aussen geheizt zu werden, ein Umstand, der für die Verlängerung seiner Lebensdauer sehr vorteilhaft ist; es wird vielmehr die Hitze an der Stelle erzeugt, wo sie gebraucht wird: in der Schmelze selbst; und die Aluminium-Darstellung bietet daher gleichzeitig ein Beispiel der elektrothermischen Prozesse, der Vorgänge, bei welchen die Elektricität als Heizquelle fungiert und welche in der angewandten Elektrochemie seit nicht allzu langer Zeit ebenfalls eine äusserst wichtige Stelle einnehmen.

Man könnte im Zweifel sein, ob man berechtigt ist, diese Prozesse in eine Besprechung der elektrochemischen Vorgänge einzubeziehen; denn die Elektricität dient in ihnen doch nur als Mittel zum Zweck, als Heizquelle, und eine direkte Überführung derselben in chemische Energie findet nicht statt. Aber in der kurzen Zeit, seit der Einführung der elektrischen Heizverfahren, und nur auf Grund derselben hat sich ein völlig neuer Zweig der chemischen Wissenschaft und Industrie entwickelt, die Chemie der Carbide, so dass man wohl auch diese Verwendung des Stromes den chemischen zuzählen darf.

Die Öfen, welche durch den Strom geheizt werden, beruhen auf zweierlei Prinzipien: bei den einen wird ein fester, mässig guter Leiter benutzt, den der Strom durchfliesst und infolge des Widerstandes, den er findet, erhitzt. Als Leiter dient in diesem Falle meist ein Rohr von Kohle, im allgemeinen eingehüllt von schwer schmelzbaren Substanzen, wie Asbest oder Magnesia, welche die Wärmeausstrahlung beschränken, und häufig so eingerichtet, dass man die im Innern erhitzte Substanz von aussen beobachten kann.[1])

Diese Widerstandsöfen sind vorzüglich geeignet für Temperaturen, die man genau zu regulieren wünscht, was ja durch Änderung der Stromstärke sich leicht mit grosser Feinheit ausführen lässt. Kommt es aber darauf an, möglichst hohe Temperaturen zu erzeugen, so wählt man zur Erhitzung der Substanz den Lichtbogen, welcher zwischen zwei Kohlespitzen, oder noch häufiger von einer Kohlenspitze zur Substanz selbst übergeht. Der Ofen besteht in diesem Fall für die Benutzung im Laboratorium[1]) einfach aus zwei Blöcken von gebranntem Kalk, von welchen der eine als Deckel dient, während der andere eine Höhlung zur Aufnahme der Substanz besitzt, oberhalb deren der Lichtbogen zwischen zwei Kohlespitzen erzeugt wird. In der Technik bildet gewöhnlich die Beschickung des Ofens den einen Pol und ein Bündel von Kohlestäben den anderen; der Ofen selbst besteht dann aus einem Mauerwerk von möglichst feuerfesten Steinen, gelegentlich mit Vorrichtungen zum Ablassen erzeugter Schmelzen und zum Nachfüllen neuer Beschickung, die einen kontinuierlichen Betrieb ermöglichen. Auch hier kommt der Lebensdauer der Öfen — welche bei Berührung der Ofenwände mit der geschmolzenen Beschickung bei der ungeheuren Temperatur des Flammenbogens eine äusserst kurze sein würde — wieder der Umstand zu Gute, dass infolge der Anordnung die Erhitzung nicht an den Ofenwänden, sondern in der Mitte der Substanz stattfindet, dass also die Wände längst nicht auf die eigentliche Reaktionstemperatur erwärmt werden.

Was nun die Verwendung der elektrischen Öfen für chemische Zwecke anlangt, so sind zunächst an wissenschaftlichen Untersuchungen ausser einigen kurzen Mitteilungen von Borchers[2]) die glänzenden Arbeiten von Moissan[3]) zu nennen, der einmal in ihnen durch Reduktion der Oxyde mit Kohle eine Fülle von Metallen in erheblichen Mengen dargestellt, oder früher nur in pulveriger Form bekannte zu kompakten Massen zusammengeschmolzen hat — die Erdalkalimetalle auf der einen, Chrom, Mangan, Wolfram und so weiter auf der anderen Seite — und der weiterhin die Chemie mit einer kaum erschöpflichen Reihe von Verbindungen der Metalle mit Kohlenstoff, Stickstoff, Bor und Phosphor beschenkt hat, von denen freilich manche schon früher bekannt, aber doch nur schwer erhältlich und wenig untersucht waren, so dass erst von Moissans Anwendungen des elektrischen Ofens eine Chemie der Carbide, Boride und so weiter datiert werden kann.

Diese Untersuchungen wurden aber bald in die Technik übersetzt, und hier sind vor allem zwei Carbide wichtig geworden, das Siliciumcarbid und das Calciumcarbid, zugleich zwei Vertreter der beiden höchst verschiedenen Klassen von Carbiden; das Siliciumcarbid SiC, das man Karborundum getauft hat, wenig reaktionsfähig und von einer an Diamant erinnernden Härte, die es als Schleifmittel erheblich über den Schmirgel stellt, und das Calciumcarbid CaC_2 schon durch Wasser im

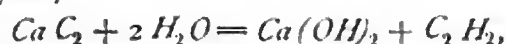
1) Siehe z. B. Bunte, Ber. d. D. chem. Ges. **31**, S. 5.

1) Z. B. Küster und Dolezalek, Zeitschr. f. Elektrochemie **3**. 329.

2) Borchers, Elektrometallurgie, 2. Auflage, Seite 84.

3) Zusammengefasst in Moissan, Der Elektrische Ofen. Deutsch von Zettel.

höchsten Grade zersetzlich unter Bildung von Acetylen,



$$Ca\,C_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2\,H_2,$$

das als Beleuchtungsmittel freilich längst nicht die sanguinischen Hoffnungen erfüllt hat, mit welchen es bei seinem Erscheinen auf dem Markte begrüsst wurde, das aber doch schon eine recht erhebliche Rolle in der Beleuchtungstechnik spielt und dieselbe sicherlich noch merklich zu erweitern berufen ist.

Ich muss es mir versagen, auf diese interessanten Produkte näher einzugehen — auch auf die übrigen Carbide, welche zum Teil in der Metallurgie, besonders in der des Eisens, mancherlei Anwendung finden werden, kann ich nur hinweisen. Ich muss überhaupt nun die heissen Gebiete der elektrothermischen Prozesse verlassen und wieder zu den kühleren der wässerigen Elektrolyse zurückkehren, um die freilich zur Zeit in Wissenschaft und Technik kaum minder heiss gestritten wird wie um jene.

Wir hatten bisher von den Carbiden abgesehen, nur die Elektrochemie der Metalle betrachtet. Allein auch für eine ganze Reihe anderer wichtiger chemischer Präparate beginnt man sich mehr und mehr der elektrochemischen Darstellung zuzuwenden, ja manche verdanken der Elektrochemie überhaupt erst ihre Entstehung. Die technisch wichtigsten sind diejenigen, welche bei der Elektrolyse der Chloralkalien auftreten. Hier entstehen an der Anode je nach den Versuchsbedingungen freies Chlor, unterchlorige Säure $HClO$, Chlorsäure $HClO_3$, und in beschränkten Mengen Perchlorsäure $HClO_4$, während das an der Kathode sich abscheidende Natrium Ätznatron liefert. ($Na + H_2O = NaOH + H$.) Welches von den 4 erstgenannten Produkten hauptsächlich an der Anode auftritt, das hängt von den jeweiligen Versuchsbedingungen ab, von Stromdichte, Temperatur, Konzentration des Elektrolyten u. s. w., von Verhältnissen die durch praktische, wie theoretische Untersuchung von Öttel,[1]) Haber[2]) u. a. im wesentlichen als geklärt betrachtet werden können. In der Technik wird durch dieses Verfahren entweder in einem durch keine Scheidewand getrennten Bade unterchlorigsaures Natron in Gestalt einer nur mässig konzentrierten Bleichlauge oder chlorsaures Kali in fester Form erzeugt, oder aber in Bädern, in welchen die Anoden- und Kathodenräume durch Diaphragmen getrennt sind, auf der einen Seite Chlor, welches zur Chlorkalkdarstellung verwandt wird, und auf der anderen Seite Ätznatron. Die erstgenannten Produkte sind technisch von mässiger Wichtigkeit: chlorsaures Kali wird nur in beschränkten Mengen verwendet und die schwachen elektrolytisch herstellbaren Bleichlaugen lassen sich nicht ohne übermässige Unkosten versenden und können daher nur am Verbrauchsorte — etwa in Zusammenhang mit Holzstoff- und Papierfabriken — mit Vorteil erzeugt werden. Dagegen ist die Elektrolyse mit Diaphragmen ein sehr verbreiteter Prozess, der jetzt nachdem es gelungen ist, die heikle Frage technisch haltbarer Diaphragmen, vor allem durch Einführung einer Quecksilberschicht als Mittelleiter,[1]) in befriedigender Weise zu lösen, schon einen sehr grossen Teil des technischen Ätznatrons liefert.

Diese Vorgänge sind unzweifelhaft die praktisch wichtigsten zur Darstellung anorganischer Präparate verwendeten elektrochemischen Prozesse; aber es giebt doch noch eine ganze Reihe anderer, welche teils vorgeschlagen, teils auch im Betriebe angewandt sind. Hier wären zunächst die entsprechenden Elektrolysen der Bromide und Jodide der Alkalien zu nennen, ferner die von Fluorwasserstoff-Fluorkalium, durch welche Moissan[2]) zur Darstellung des freien Fluors gelangte. Weiter die Überführung von Chromaten in Bichromate,[3]) sowie die ganz neuerdings eingeführte Regeneration von reduzierter Chromsäurelösung auf elektrischem Wege;[4]) dann die Umwandlung von Manganaten in Permanganate[5]), die Erzeugung von Bleiweiss[6]) und Eisenfarben[7]) durch anodische Oxydation der betreffenden Metalle, und endlich die durch Elektrolyse konzentrierter Lösungen von Carbonaten und Sulfaten bewirkte Darstellung von Überkohlensäure[8]) und Überschwefelsäure,[9])

1) Öttel, Zeitschr. f. Elektrochem. 1. 356, 474; **2.** 57.

2) Haber und Grinberg, Zeitschr. anorg. Chem. **16.** 210.

1) Die Quecksilberschicht — die in der Praxis auf dem schwach geneigten Boden einer durch eine nicht leitende Wand fast vollständig in zwei Räume geteilten Zelle strömend angeordnet wird — fungiert dem Anodenraum gegenüber als Kathode und nimmt Natrium auf, welches sie dem Kathodenraum als Ion wieder abgiebt. Sie verbraucht daher keine Stromarbeit und gestattet trotzdem die Verwendung völlig getrennter Anoden- und Kathodenräume. Verfahren von Kellner.

2) Compt. Rend. **104.** 1543; **105.** 202, 256; **109.** 861; **110.** 276, 951.

3) Häussermann, Zeitschr. f. angew. Chem. 1893, Seite 363. Es handelt sich hier nur um einen Überführungsvorgang $2\,Na_2\,CrO_4 + H_2O = Na_2\,Cr_2O_7 + 2\,NaOH$.

4) D. R. Patent No. 103860 von den Farbwerken vorm. Meister Lucius und Brüning: Die zu Oxydationszwecken verwendet gewesene schwefelsaure Lösung, die Chromoxyd und überschüssige Schwefelsäure enthält, wird zwischen Bleiplatten in einer durch Diaphragma geteilten Zelle elektrolysiert; es findet an der Anode Oxydation und gleichzeitige Anreicherung der Schwefelsäure statt, so dass die Anodenflüssigkeit direkt wieder als Oxydationsmittel gebraucht werden kann.

5) D. R. Patent No. 28782 der chemischen Fabrik vormals Schering: ein dem vorigen ganz ähnlicher Prozess, bei welchem an der Anode das zweiwertige MnO_4 Ion der Manganate in das einwertige MnO_4 Ion der Permanganate übergeht.

6) z. B. Borchers, Zeitschr. f. Elektrochemie **3.** 482.

7) Haber und Reininger, siehe Haber, Elektrochemie, S. 492.

8) Constam und v. Hansen, Zeitschr. f. Elektrochemie **3.** 137.

9) Elbs, Journal f. prakt. Chemie **48.** 185. Zeitschr. f. Elektrochemie **2.** 162; auch **1.** 417, **2.** 245.

Bei der Bildung der Überkohlensäure sowohl wie der

zwei Präparaten, die erst auf diesem Wege aufgefunden wurden, und von denen sich das letztgenannte, die Überschwefelsäure, bereits einer recht ausgedehnten Anwendung als Oxydationsmittel erfreut.

Aber die Elektrochemie ist nicht auf die anorganischen Körper beschränkt, wenn auch freilich ihre Erfolge auf organischem Gebiete den bisher aufgezählten kaum an die Seite gestellt werden können. Die organischen Körper sind eben im allgemeinen Nichtleiter, ein Umstand, der ihre elektrochemische Behandlung naturgemäss sehr einschränkt.

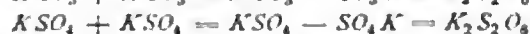
Doch giebt es auch eine grosse Klasse organischer Elektrolyte in den Salzen der organischen Säuren, und hier finden wir auch eine Reihe wichtiger elektrochemischer Reaktionen, freilich wichtiger für die Wissenschaft wie für die Technik. Die schon von Kolbe und Frankland entdeckte Elektrolyse der Fettsäuren[1]) führt bekanntlich zur Entstehung von Kohlenwasserstoffen: so liefert essigsaures Kali Äthan,[2]) propionsaures Butan[3]) u. s. w., unter Abspaltung von Kohlensäure aus den Anionen und Zusammentritt der entstehenden Reste. Andere analoge Vorgänge sind in grosser Zahl bekannt, und auch hier und da mit guter Ausbeute synthetisch verwendet worden, allerdings ohne dass sie eine erhebliche Bedeutung erlangt hätten.

Neben diesen primären elektrochemischen Vorgängen, bei denen die reagierenden Körper selbst den Strom leiten, giebt es nun aber noch eine grössere Zahl sekundärer Reaktionen, bei welchen die Produkte der Elektrolyse anorganischer Salze oder Säuren ihrerseits im Entstehungsmomente auf gleichzeitig vorhandene organische Körper einwirken. So erzeugt der Strom aus einem Gemisch von Alkohol und wässriger alkalischer Jodkaliumlösung Jodoform,[4]) aus Chlorkaliumlösung und Alkohol Chloral[5]) — beides technisch verwendbare Umsetzungen. Ausserordentlich häufig sind Oxydations- und Reduktionsvorgänge, bei denen die Produkte der Wasserelektrolyse, Sauerstoff und Wasserstoff, verwendet werden. Von Wichtigkeit sind sie

Überschwefelsäure vereinigen sich je zwei der durch stufenweise Dissociation der normalen Salze gebildeten einwertigen Ionen $M\overline{CO_3}$, bezw. $M\overline{SO_4}$ zu einem Molekül der übersauren Salze, z. B.:

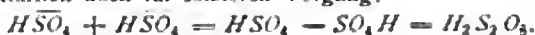


$$K\overline{CO_3} + K\overline{CO_3} = K\overline{CO_3} - \overline{CO_3}K = K_2C_2O_6$$



$$K\overline{SO_4} + K\overline{SO_4} = K\overline{SO_4} - \overline{SO_4}K = K_2S_2O_8$$

oder natürlich auch für letzteren Vorgang:



$$H\overline{SO_4} + H\overline{SO_4} = H\overline{SO_4} - \overline{SO_4}H = H_2S_2O_8.$$

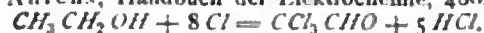
1) Kolbe, Ann. Chem. Pharm. 69. 261.

2) $2\,CH_3\,CO\,\overline{O} = CH_3 - CH_3 + 2\,CO_2$.

3) $2\,CH_3\,CH_2\,CO\,\overline{O} = CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH_3 + 2\,CO_2$.

4) Elbs und Herz, Zeitschr. f. Elektrochemie **4**. 113.
$CH_3.CH_2OH + 10J + H_2O = CHJ_3 + CO_2 + 7HJ$.

5) Ahrens, Handbuch der Elektrochemie, 480.



$$CH_3CH_2OH + 8Cl = CCl_3CHO + 5HCl.$$

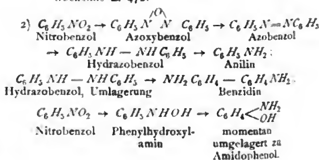
indes selten geworden und nur ein Vorgang ist hier hervorzuheben, der von zahlreichen Forschern in der gründlichsten Weise untersucht worden ist, von Häussermann, Elbs Gattermann, Haber u. a.,[1]) die Reduktion des Nitrobenzols. Bei dieser Reaktion zeigt sich die ungeheure Modulationsfähigkeit der elektrochemischen Methoden in glänzendem Lichte: Durch wenig veränderte Versuchsbedingungen gelingt es, das Nitrobenzol in Azoxybenzol, Azobenzol, Hydrazobenzol, Anilin, Amidophenol und Amidophenolsulfosäure überzuführen[2]) und zwar unter so scharfer Trennung der einzelnen Produkte, wie man sie auf rein chemischem Wege selten erzielen kann. —

Bei allen bisher besprochenen elektrochemischen Vorgängen, anorganischen wie organischen, hatten wir mit Reaktionen zu thun, welche durchgehends praktisch und theoretisch ziemlich klargestellt waren. Freilich sind in manchen Einzelfällen einige Erscheinungen noch keiner sicheren theoretischen Deutung fähig, und manche Prozesse werden bei weiterer Ausarbeitung ihrer praktischen Arbeitsbedingungen noch erhebliche Fortschritte zu verzeichnen haben; aber das sind Einzelheiten, und im ganzen sind alle bisher behandelten Anwendungen des Stromes an der Hand der Grundgesetze der Elektricität, vor allem des Faradayschen Gesetzes, vollkommen verständlich.

Das ist nun nicht mehr der Fall bei einer ebenfalls recht grossen Gruppe elektrochemischer Reaktionen, auf die ich noch mit einigen Worten eingehen möchte, bei den Erscheinungen, welche beim Durchgang der Elektricität durch Gase beobachtet werden. Allerdings giebt es auch hier eine Reihe vollkommen durchsichtiger Phänomene: der Funke, der im Eudiometer das Knallgasgemisch zur Explosion bringt, der die Vereinigung von Sauerstoff und Stickstoff zu Salpetersäure hervorruft, oder der das Spektrum schwer flüchtiger Substanzen erscheinen lässt, er ist in seiner Wirkung im ganzen leicht verständlich. Aber zwischen zwei Leitern, welche durch

1) Häussermann, Chemikerzeitung 1893, 129 und 209. Gattermann, Berichte d. D. chem. Ges. **26**. 1844. **27**. 1927, **29**. 3034, 3037, 3040; **28**. 2810. Elbs, Chemikerzeitung 1893, 209; Zeitschr. f. Elektrochemie **2**. 472.

2)



$$C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5N\overset{O}{\frown}N\,C_6H_5 \rightarrow C_6H_5N{=}NC_6H_5$$
Nitrobenzol — Azoxybenzol — Azobenzol

$$\rightarrow C_6H_5NH - NHC_6H_5 \rightarrow C_6H_5NH_2;$$
Hydrazobenzol — Anilin

$$C_6H_5NH - NHC_6H_5 \rightarrow NH_2C_6H_4 - C_6H_4NH_2.$$
Hydrazobenzol, Umlagerung — Benzidin

$$C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5NHOH \rightarrow C_6H_4{<}^{NH_2}_{OH}$$
Nitrobenzol — Phenylhydroxylamin — momentan umgelagert zu Amidophenol.

einen Gasraum getrennt und auf eine geeignete Potentialdifferenz geladen sind, findet bekanntlich auch unter Umständen ein völlig ruhiger, meist kaum sichtbarer Übergang von Elektricität statt, und diese sogenannte „stille elektrische Entladung" ist es, die in ihrer chemischen Wirksamkeit noch recht wenig aufgeklärt ist.

Die Apparate, in welchen man derartige Reaktionen sich abspielen lässt, bestehen im allgemeinen aus zwei konzentrisch angeordneten Glasröhren, in deren engem Mantelraum die umzusetzenden Gase sich befinden; die äussere Glasröhre ist aussen, die innere innen mit Metall oder einem anderen Leiter belegt und bei passender Wahl der Spannung geht zwischen diesen Leitern durch die Glaswände und die Gasschicht eine ruhige elektrische Entladung vor sich, ohne dass eine Funkenbildung Glas und Gas durchschlüge. Diese Entladung ruft nun eine ganze Reihe überraschender Reaktionen hervor: sie polymerisiert Kohlenwasserstoffe, vereinigt Kohlenoxyd und Wasserstoff anscheinend zu Formaldehyd,[1] Kohlenoxyd und Wasserdampf zu Ameisensäure,[2] ebenso Kohlensäure und Wasserdampf zu dem gleichen Produkte,[3] kurz, sie bewirkt eine Anzahl höchst eigenartiger Umsetzungen, die allem Anscheine nach mit den unter dem Einfluss des Lichtes vor sich gehenden pflanzenphysiologischen Prozessen in nahem Zusammenhange stehen, und daher von hohem Interesse sind.

Allein alle diese Vorgänge verlaufen nur in beschränktem Umfange; die entstehenden Produkte zersetzen sich wieder oder setzen sich untereinander um, sodass das Studium dieser Erscheinungen ein äusserst schwieriges ist, und bisher wenig abgeschlossene Resultate geliefert hat. Nur bei einer Reaktion ist man wenigstens praktisch über den Verlauf des Vorganges einigermassen orientiert: bei der Darstellung von Ozon aus Sauerstoff,[4] die in den beschriebenen oder ganz ähnlichen Apparaten in fabrikmässigem Betriebe ausgeführt wird, da das Ozon mehr und mehr als Bleichmittel wie als Desinfiziens und zu therapeutischen Zwecken sich einführt.

Freilich was die theoretische Deutung der Ozonbildung anlangt, so ist man auch hier noch ziemlich im Dunkeln. Elektrolytische Erscheinungen kommen jedenfalls bei diesen Vorgängen nicht in Betracht. Die erzeugten Quantitäten Ozon stehen zu dem Faradayschen Gesetz in keiner Beziehung. Vielleicht beruht die Wirkung der stillen Entladung auf einer völlig lokalen

1) $CO + H_2 = HCHO$.
2) $CO + H_2O = HCOOH$.
3) $CO_2 + H_2O = HCO\text{-}OH + O$.
4) $O_2 + O = O_3$.

adiabatischen Erhitzung der reagierenden Gase, welche sich in den so erzielten Wärmegraden und unter den durch sie hervorgerufenen hohen Drucken umsetzen und vor rückwärtigem Zerfall oder weiterer Veränderung durch die unmittelbar folgende Abkühlung bewahrt werden, eine Deutung, die recht plausibel erscheint, wenn sie auch freilich nicht die einzig mögliche ist, und sich Beweise aus dem zur Zeit noch recht beschränkten und höchst widerspruchsvollen Material der Versuche von Berthelot,[1] Losanitsch und Jowitschitsch,[2] und von de Hemptinne[3] für sie nicht erbringen lassen.

In diesen Gasumsetzungen liegt also noch ein weites Feld für die künftige Forschung vor. Ob es Früchte tragen wird, ist heute nicht wohl zu entscheiden. Doch wird man es kaum bezweifeln, wenn man die ungeheuren Fortschritte der Elektrochemie betrachtet, welche sie auf anderen Gebieten in verhältnismässig kurzer Zeit errungen hat.

Von diesen habe ich versucht, im vorstehenden einen Überblick zu bieten: vollständig ist er keineswegs, schon die Aufzählung der hauptsächlichsten elektrochemischen Prozesse würde den Rahmen eines Vortrages überschreiten, und vieles musste ich daher übergehen. Aber ich hoffe, ein Bild von der Anwendung der Elektricität in unserer chemischen Wissenschaft und Technik gegeben zu haben, ein Bild von der Fülle der Erfolge, welche die Elektrochemie trotz ihrer Jugend im Laboratorium wie in der Fabrik erreicht hat. Freilich stehen den Erfolgen ebenso viele Probleme gegenüber, die noch der Lösung harren; aber das ist ja gerade der grosse Reiz naturwissenschaftlicher Forschung: jede vollendete Untersuchung giebt die Anregung zu einer neuen, nirgends findet sich ein Stillstand und so sollen auch die Erfolge der Elektrochemie nur einladen zu neuer Arbeit, zu neuem Fortschritt.

1) Berthelot, Compt. rend. **83**. 677; **85**. 173; **87**. 92 u. s. w.
2) Losanitsch und Jowitschitsch, Berichte d. D. chem. Ges. **1897**, 135.
3) De Hemptinne, Zeitschr. f. physik. Chemie **22**. 358.

(Eingegangen 29. Novbr. 1899.)

Tagesereignisse.

Eine Ausstellung für wissenschaftliche Photographie, welche einen Überblick über die wichtigsten Anwendungen der Photographie gewähren soll, wird die Gesellschaft zur Förderung der Amateurphotographie im Mai dieses Jahres in Dresden veranstalten. Zur Beschickung der Ausstellung werden auch Nichtmitglieder des genannten Vereins zugelassen.

Die Jubelfeier der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Die Akademie der Wissenschaften in Berlin feierte am 18. bis 20. März den 200sten Jahrestag ihrer Stiftung.

Die Jubelfeier begann am Abend des 18. mit einer zwanglosen Begrüssung der Teilnehmer im Hôtel de Rome. Am 19., 12 Uhr fand der Festakt im Weissen Saale des Königlichen Schlosses statt. Der z. Z. vorsitzende Sekretär der Akademie Prof. Dr. Auwers hielt die Eröffnungsansprache, danach ergriff der Kultusminister Dr. v. Studt das Wort zu einer längeren Rede, um einen Rückblick darauf zu geben, „was die nun verflossenen 200 Jahre im Leben der Akademie bedeuten". Er verlas dann einen königlichen Erlass, durch den die Zahl der Stellen für ordentliche Mitglieder in jeder Klasse der Akademie von 27 auf 30 erhöht wird. Die neugeschaffenen Stellen sind in der philosophisch-historischen Klasse vorzugsweise für deutsche Sprachforschung, in der physikalisch-mathematischen Klasse vorzugsweise für technische Wissenschaften zu verwenden. — Schliesslich werden eine Reihe von Ordensauszeichnungen bekannt gegeben.

Prof. Auwers verkündete dann die von der Akademie vollzogenen Ehrenwahlen. Hierauf ergriff der Kaiser das Wort:

„Indem ich Sie an Ihrem Jubeltage in diesem durch grosse Erinnerungen geweihten Saale meines Schlosses willkommen heisse, erinnere ich mich gern der Beziehungen, welche Ihre Körperschaft mit meinem Königlichen Hause verknüpfen. Das verständnisvolle Interesse, das Kurfürst Friedrich III. Leibniz's weitausschauenden Plänen entgegenbrachte, hat sie ins Leben gerufen. Der grosse Friedrich hat ihr den Stempel seines Geistes aufgedrückt. Alle Könige Preussens haben als unmittelbare Protektoren teilnehmend, leitend, fördernd über dieser Schöpfung gewaltet, also dass das Wort Kaiser Wilhelms des Grossen „Das in jedem preussischen Könige einwohnende Gefühl für Wissenschaft ist auch in mir lebendig" im Verhältnisse zu ihr in besonderer Weise seinen Ausdruck gefunden hat.

Ich freue mich, heute anerkennen zu dürfen, dass die Akademie der Wissenschaften nun schon durch zwei Jahrhunderte ihre unversiegte Lebenskraft bewährt und dass sie den Erwartungen, die meine Vorfahren in sie gesetzt haben, voll entsprochen hat. Es hat gewiss guten Grund, wenn sich die deutsche Wissenschaft im engen Anschluss an die Universitäten entwickelt hat, und ich zweifle nicht, dass der Forschung, wie es auch unser unvergesslicher Helmholtz bezeugte, aus dem akademischen Unterricht und dem Verkehr mit der studierenden Jugend reiche Lebensströme zufliessen. Aber nicht minder hat sich die Organisation und Leitung wissenschaftlicher Arbeit durch die Akademien als ein wesentliches und zur Erreichung grosser Ziele unentbehrliches Element wissenschaftlichen Fortschritts erwiesen.

Mehr als ein Jahrhundert vor der Berliner Universität ins Leben getreten, hat die Berliner Akademie auch früher die Aufgabe verfolgt, allen Zweigen der Wissenschaft gleichzeitig zu dienen. Wenn ich in weiterem Ausbau dessen heute die Zahl der ordentlichen Mitglieder in der philosophisch-historischen Klasse durch Hinzufügung einiger vorzugsweise für deutsche Sprachforschung bestimmter Stellen vermehrt habe, so leitet mich hierbei der Gedanke, dass die deutsche Sprachforschung, auf die schon der Stiftungsbrief von 1700 hinweist, in der Hauptstadt des jetzt geeinten Deutschen Reiches besonderer Pflege bedarf. Zugleich erschien es mir unerlässlich, auch die Zahl der Stellen in der physikalisch-mathematischen Klasse mit Rücksicht auf die heutige Bedeutung der Technik in derselben Weise zu verstärken.

Und wie die Akademie die Wissenschaft von vornherein in ihrer vollen Universalität erfasst hat, so kann man es ihr andererseits nachrühmen, dass sie sich der Verfolgung aller ausserhalb der Wissenschaft liegenden Interessen gänzlich ferngehalten hat. Wohl haben sich die grossen Erlebnisse der Nation auch in ihrem Wirken gespiegelt und in den Worten ihrer Festredner nicht selten begeisterten Ausdruck gefunden. Aber sie hat es stets verschmäht, in das Gewühl der politischen Leidenschaften hinabzusteigen, und ihre oberste Pflicht vielmehr allezeit in der reinen und interesselosen Pflege der Wissenschaft erblickt.

In dieser selbstlosen Hingabe, der sie Grosses zu danken hat und die ihr weiterhin den Erfolg ihres Schaffens verbürgt, dient sie zugleich dem gottgewollten Ziele alles Wissens, die Menschheit tiefer in die Erkenntnis der göttlichen Wahrheit einzuführen. Wie die Naturwissenschaften im letzten Ziele den Urgrund alles Seins und Werdens zu erforschen trachten, so bleibt, wie es Goethe — selbst ein auswärtiges Mitglied dieser Körperschaft — ausgesprochen hat, „das eigentliche, einzige und tiefste Thema der Welt- und Menschengeschichte, dem alle übrigen untergeordnet sind, der Konflikt des Unglaubens und Glaubens" und, wie in seinem Sinne hinzuzufügen ist, die Bethätigung Gottes am Menschengeschlecht. So bewährt sich auch an Ihrem Arbeiten, wie es Leibniz wollte, dass durch die Wissenschaften „die Ehre Gottes und das Beste des ganzen menschlichen Geschlechts beständig gefördert wird."

Am 20. fand die öffentliche Festsitzung im Saale des Abgeordnetenhauses statt. Prof. Vahlen begrüsste die Versammlung, worauf der Geschichtsschreiber der Akademie, Prof. D. Dr. Adolf Harnack in der Festrede den Werdegang der Akademie, nach vier Entwickelungsepochen gesondert, schilderte.

Es folgte der Empfang der zahlreichen Abordnungen auswärtiger Akademien und gelehrter Körperschaften. Am Abend schloss die Feier mit der Festvorstellung des „Fliegenden Holländers" im Kgl. Opernhause.

Personalien.

In Freiburg i. B. habilitierte sich Dr. Königsberger für Physik.

Die Akademie der Wissenschaften in Paris wählte den Professor der Chemie Dr. Fischer in Berlin zum korrespondierenden Mitglied.

In Kiel ist der Professor der Physik, Geheimer Regierungsrath Dr. Karsten, früherer Reichstags- und Landtagsabgeordneter, gestorben.

In Göttingen hat sich Dr. Abraham für theoretische Physik habilitiert.

Zum ausserordentlichen Professor für Mineralogie und Geologie an der Universität Greifswald ist der bisherige Privatdozent an der Technischen Hochschule in Dresden Dr. Bergt ernannt worden.

Die von dem nach Giessen berufenen Prof. Dr. Drude in Leipzig für kommendes Sommersemester angekündigten Vorlesungen werden mit Genehmigung des sächsischen Ministeriums von Professor Dr. Wiedeburg gehalten.

Die Berliner Akademie hat an ihrem 200jährigen Stiftungstage zu auswärtigen Mitgliedern in der mathematisch-physikalischen Klasse ernannt: Die bisherigen korrespondierenden Mitglieder ihrer physikalisch-mathematischen Klasse Wilhelm Hittorf in Münster, Lord Kelvin in Glasgow, Karl Gegenbaur in Heidelberg, Eduard Pflueger in Bonn; ferner: den ständigen Sekretär der Académie des Sciences in Paris, Marcellin Berthelot; den Präsidenten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Eduard Suess; den Professor an der Universität Halle, Rudolf Haym; den Professor am R. Istituto di studi superiori in Florenz, Pasquale Villari.

Zu korrespondierenden Mitgliedern in der physikalisch-mathematischen Klasse: Die Physiker Josiah Willard Gibbs in Newhaven, Gabriel Lippmann in Paris, Henry Augustus Rowland in Baltimore, Johannes Diderik van der Waals in Amsterdam, Woldemar Voigt in Göttingen; die Chemiker Dimitrij Mendelejew in St. Petersburg, Julius Thomsen in Kopenhagen, Clemens Winkler in Freiburg; die Mineralogen und Geologen Ernst Wilhelm Benecke in Strassburg, Albert Gaudry in Paris, Friedrich Schmidt in St. Petersburg, Johannes Struever in Rom; die Botaniker Alfred Gabriel Nathorst in Stockholm, Ludwig Radlkofer in München, Melchior Treub in Buitenzorg; die Zoologen Karl Chun in Leipzig, Johann Wilhelm Spengel in Giessen, Ludwig von Graff in Graz; die Anatomen und Physiologen Max Fürbringer in Jena, John Burdon-Sanderson in Oxford; den Astronomen Nils Duner in Upsala; die Mathematiker Paul Gordan in Erlangen, Franz Mertens in Wien, Friedrich Schottky in Marburg; den Meteorologen Henrik Mohn in Christiania.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 27. 7. April 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Wechselbeziehungen bei magnetisch-optischen Erscheinungen. [1])

Von O. M. Corbino.

I. Wirkung des Lichtes auf das Kraftfeld und die dadurch hervorgebrachte Drehung der Polarisationsebene.

Bei der Untersuchung der oben genannten Erscheinung habe ich folgende drei Anordnungsweisen verwandt:

a) Aus einer Ruhmkorffschen Spule von grossen Dimensionen wird die primäre innere Spule mit dem weichen Eisenkern herausgenommen, und in die dadurch entstandene cylindrische Höhlung eine Glasröhre eingelegt, die mit einer fünffachen Lage von dickem Draht umwickelt ist. Diese mit Wasser gefüllte Röhre wird durch zwei kleine Glasdeckel geschlossen, die durch Metallklammern befestigt sind, und kann in ihrer ganzen Länge von einem Bündel Sonnenlicht durchsetzt werden. Die Sekundärspule steht an einem Ende mit der Erde in Verbindung, am anderen Ende mit dem Quadrantenpaar eines idiostatisch gemachten Mascartschen Elektrometers. Eine Potentialdifferenz von 1 Volt zwischen dem einen Quadrantenpaar und dem andern mit der Nadel verbundenen verursacht eine Ablenkung von 10 Teilstrichen, sodass schätzungsweise jeder Teilstrich einer elektromotorischen Kraft von $^1/_{10}$ Volt entspricht. Wird die Verbindung mit dem Elektrometer aufgehoben, so kann man einen Strom von 14 Ampères durch den Primärkreis gehen lassen; bei wieder hergestellter Verbindung steht die Nadel vollständig fest. Hierauf wird in die Röhre das gradlinig oder cirkulär polarisierte Lichtbündel geschickt; dasselbe wird 300 mal in der Sekunde unterbrochen mittelst einer durchlöcherten, durch einen Elektromotor in Rotation versetzten Scheibe. Brächte die Beleuchtung irgendwelche Veränderungen in der Intensität des magnetischen Kraftfeldes mit sich, so würde eine periodisch veränderliche, elektromotorische Kraft am isolierten Pole der Sekundärspule erzeugt werden. Die Nadel zeigte jedoch keine merkbare Ablenkung.

Nennen wir das mittlere Kraftfeld H, ΔH die Veränderung des sinusoidalen Kraftfeldes und die Periode desselben T, M den wechselseitigen Induktions-Koefficienten der Primär- und der Sekundärspule, i die Stärke des Hauptstromes, und $E\,eff$ die inducierte wirksame elektromotorische Kraft, so ist

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{T}{2{,}2\,Mi}\,E\,eff.$$

Bei den gegebenen Werten von T, M und i lässt sich nach dieser Methode eine Veränderung des Kraftfeldes um $^1/_{10000}$ feststellen.

b) Zwischen die durchlochten Pole eines Elektromagneten wird ein Parallelepipedon aus Flintglas eingeschaltet und von einer kleinen Spule umgeben; diese ist mit einem ballistischen Galvanometer verbunden. Während der Elektromagnet erregt ist, wird ein polarisiertes Bündel Sonnenlicht durch das Flintglas geschickt. Man bemerkt keine Veränderung an den unvermeidlichen kleinen Exkursionen der Nadel; eine Veränderung des Kraftfeldes um $^1/_{100000}$ würde eine Verschiebung um 5 Teilstriche verursachen.

c) Würde bei der oben beschriebenen Anordnung das Lichtbündel periodisch unterbrochen, so müssten wechselnde Ströme erzeugt werden, falls die gesuchte Wirkung vorhanden wäre. Die Enden der kleinen Spule wurden an eine grosse Ruhmkorffsche Primärspule angeschlossen, von den Enden der Sekundärspule wurde das eine mit der Erde, das andere mit einem Quadrantenpaar des wie oben idiostatisch gemachten Elektrometers in Verbindung gebracht. Eine periodische Ver-

1) Nuovo Cimento, 10, S. 408—419; 1899.

änderung des Kraftfeldes von $^1/_{50000}$ wäre bemerkbar geworden; das Resultat war aber auch hier negativ. —

II. Die Nichtexistenz des Sheldonschen Phänomens.

Ist die von Sheldon [1]) mitgeteilte Erscheinung (Herstellung eines magnetischen Kraftfeldes mittels eines ebenen cirkulär polarisierten Lichtbündels) wirklich vorhanden, so muss sie um so leichter festzustellen sein, je zahlreicher die Drehungen sind, welche von der Polarisationsebene des angewandten Lichtes in einer Sekunde ausgeführt werden. Denn dann ist der Winkel, welchen die Stellungen der Polarisationsebene beim Eintritt und beim Austritt aus dem Solenoid miteinander bilden, um so grösser. Sheldon liess mittels einer mechanischen Anordnung die Polarisationsebene 300 Rotationen in der Sekunde ausführen; mehr lässt sich auf mechanischem Wege nicht erzielen. Ich habe den Versuch mit optischer Anordnung wiederholt, welche ein Licht anzuwenden gestattete, dessen Polarisationsebene mehrere Millionen Drehungen in der Sekunde ausführte.

Man kann folgendes zeigen: Verschiebt man eine von zwei konjugierten Lichtquellen, sodass man die Erscheinung der bewegten Lichtfransen oder der Lichtschwebungen erhält, und ersetzt die Quellen natürlichen Lichtes durch zwei andere konjugierte mit entgegengesetzt cirkulär polarisiertem Lichte, so hat man in jedem Punkte des Schirmes geradlinig polarisiertes Licht, dessen Polarisationsebene sich von Punkt zu Punkt stetig dreht. Giebt man nun einem der konjugierten Bilder eine oscillierende Bewegung mit der mittleren Geschwindigkeit von einigen Metern in der Sekunde, so hat man, falls die Bilder entgegengesetzt cirkulär polarisiertes Licht aussenden, auf dem Schirme ein Licht, dessen Polarisationsebene einige Millionen Drehungen in der Sekunde macht, was aus einer Kombination des Dopplerschen mit dem Airyschen Principe hervorgeht.

Man kann hier z. B. das Michelsonsche Refraktometer derart verwenden, dass die beiden interferierenden Lichtstrahlen, die aus den beiden Spiegeln kommen, in entgegengesetztem Sinn cirkulär polarisiert werden und kann einem der Spiegel eine sehr schnelle, oscillierende Bewegung geben.

Die bei diesen Versuchen von mir befolgte Anordnung ist die folgende:

Das aus einer dünnen cylindrischen Linse austretende Licht wird horizontal polarisiert und in einem Fresnelschen Doppelprisma aufgefangen, an dessen Rückseite die beiden Hälften eines Bravaisschen Plättchens von $^1/_4$ Wellenlänge angebracht sind, so dass man zwei virtuelle konjugierte Bilder von der Lichtquelle erhält, welche in entgegengesetztem Sinne cirkulär polarisiert sind.

Von einem Spiegel, der 50 Drehungen in der Sekunde macht, wird das austretende Lichtbündel mit fast normalem Einfallswinkel auf einen nahe beim Doppelprisma befindlichen Schirm zurückgeworfen. Das Licht, das diesen Schirm trifft, ist im Zustande drehender Polarisation.

Wendet man das Dopplersche und das Airysche Princip an, so kann man die Zahl der Drehungen berechnen; man findet, wenn n die Zahl der Spiegeldrehungen, l die Entfernung der beiden gegebenen virtuellen Bilder vom Doppelprisma, und λ die Wellenlänge bedeutet, dass die Zahl der von der Polarisationsebene in der Sekunde ausgeführten Drehungen gegeben ist durch

$$\nu = \frac{4\pi n}{\lambda} l,$$

d. h. wenn beim Versuch $n = 50$ und $l = 1{,}5$ mm ist, so ergiebt sich ν zu ungefähr 2 Millionen. Statt des Schirmes wurde eine Spule mit zahlreichen Windungen eingesetzt. Der Vorgang verläuft folgendermassen: Bei einer passenden Stellung des beweglichen Spiegels passiert das zurückgeworfene Lichtbündel vollständig die innere Höhlung der Spule, in welche eine mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Glasröhre eingesetzt worden ist. Das ausströmende Licht zeigt bei Prüfung durch ein Nicol und ein Fresnelsches Okular, ein System von sehr deutlichen Fransen, die sich bei Bewegung des Nicol verschieben, wie man das auch bei der Interferenz der entgegengesetzt cirkulär polarisierten Strahlen beobachtet.

Die Enden der Spule werden entweder mit dem idiostatisch gemachten Mascartschen Elektrometer oder mit einem Telephon verbunden, in welchem man einen Ton hören müsste, der 50 doppelten Schwingungen entspricht, weil 50 mal in der Sekunde durch das drehende Lichtbündel innerhalb der Spule das magnetische Kraftfeld hergestellt werden muss.

Die Versuche sind mehrfach wiederholt worden; Spule und Entfernungen wurden variiert; doch hörte man nie eine Spur von einem Ton im Telephon, noch konnte man irgend welche Ablenkung beobachten; dabei hätte die Wirkung etwa 6000 mal stärker sein müssen, als die von Sheldon erzielte. Der von diesem Physiker beobachtete Ton muss also höchst wahrscheinlich irgendwelchen störenden Ursachen zugeschrieben werden.

(Eingegangen 14. März 1900.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

1) The American Journal of Science, 90, S. 196, 1899.

Über ein neues Polarisationsphotometer für weisses Licht.

Von F. F. Martens.

Die Photometer für weisses Licht kann man einteilen in feststehende und tragbare Photometer. Die feststehenden Photometer eignen sich nur zur Vergleichung zweier Lichtquellen und sind so eingerichtet, dass die Lichtquellen an den Enden einer langen Photometerbank aufgestellt sind, während die photometrische Vergleichsvorrichtung, kurz Photometeraufsatz genannt, auf der Bank zwischen den Lichtquellen messbar verschoben wird. — Die tragbaren Photometer dienen dazu, 1. wie die feststehenden Photometer die Lichtstärke von Lampen zu messen, ausserdem 2. die Beleuchtungsstärke in einer Ebene und 3. die Helligkeit einer selbstleuchtenden oder beleuchteten Fläche zu bestimmen. Das älteste und verbreitetste Instrument dieser Art ist das Webersche Milchglasphotometer; eine Modifikation desselben ist das Webersche Polarisationsphotometer (vgl. unten Abschnitt II, 3). Neuerdings hat Herr E. Brodhun ein besonders für Strassenlichtmessungen geeignetes, sog. Strassenphotometer konstruiert.

Diesen tragbaren Photometern reiht sich das vor kurzem vom Verfasser konstruierte Polarisationsphotometer für weisses Licht[1]) an, welches im nachstehenden beschrieben wird. Das Instrument dürfte infolge seiner vielseitigen Anwendbarkeit, seiner einfachen Handhabung und seines grossen, theoretisch unbeschränkten Messbereiches ein nützliches Hilfsmittel für manche experimentelle Untersuchung werden.

I. Beschreibung des Photometers.

Die nebenstehende Fig. 1 zeigt das Photometer vertikal nach unten gerichtet. Die beiden miteinander zu vergleichenden Lichtbündel treten durch zwei Öffnungen *a* und *b* in das Photometer ein und durchlaufen der Reihe nach eine Objektivlinse *O*, ein doppelbrechendes Kalkspathprisma nach Wollaston *W*, ein Zwillingsprisma *Z*, ein Analysationsnicol *N* und die beiden Linsen *L* und *H* eines Ramsdenschen Okulars; letzteres ist auf die Trennungslinie der beiden Hälften 1 und 2 des Zwillingsprismas, d. i. die Grenze der photometrischen Vergleichsfelder, scharf eingestellt. In der centralen Öffnung der Blende *D* entstehen zwei zusammenfallende Bilder α und β der Öffnungen *a* und *b*; das Licht der Bilder α bezw. β ist in zwei zu einander senkrechten Richtungen linear polarisiert und kommt von den Vergleichsfeldern 1 bezw. 2 her, wie die in der Figur ausgezogenen Strahlen zeigen. Daher sieht der Beobachter die Felder 1 bezw. 2 mit Licht erleuchtet, welches durch die Spalte *a* bezw. *b* eingetreten ist.

Ersetzt man die Einsteckblende mit den beiden excentrischen Öffnungen *a* und *b* durch eine andere Blende mit einer centrischen Öffnung *c*, so gelangen die in Fig. 1 gestrichelt gezeichneten Strahlen ins Auge, bei denen die im Wollaston-Prisma hervorgerufene Ablenkung im Zwillingsprisma wieder aufgehoben ist.

Ebenso wie bei zwei Öffnungen ist auch in diesem Falle das von den beiden Vergleichs-

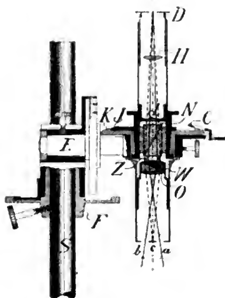


Fig. 1.

feldern 1 und 2 ins Auge kommende Licht in zwei zu einander senkrechten Richtungen linear polarisiert. Der Beobachter kann daher durch Drehen des Analysatornicols *N* in jedem Falle auf gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder einstellen. Die Drehung des Nicols wird an dem Teilkreise *K* mittels des Index *J* abgelesen (s. Fig. 1 und Fig. 2).

Das ganze Photometer ist erstens um seine Längsaxe drehbar; diese Drehung wird an dem Teilkreise *K* mittels des Index *C* abgelesen; zweitens kann das Photometer um eine horizontale Axe *E* und drittens um eine vertikale Buxe *F* messbar gedreht werden. Die ganze Vorrichtung kann an der Säule *S* in beliebiger Höhe festgestellt werden. Sämtliche Drehungen sind durch Druckschrauben fixierbar. Das eigentliche Photometer (von *D* bis *a*, *b*, *c*, Fig. 1) ist nur 16 cm lang.

Die wichtigsten Teile des Photometers sind das Zwillings- und das Wollaston-Prisma.

1) Demonstriert auf der 71. Vers. Deutsch. Naturforscher und Ärzte in München, am 21. September 1899 und auszugsweise beschrieben Verh. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 1, 204—208. 1899.

Eine Kombination dieser Prismen ist zuerst von Herrn Arthur König[1]) bei seinem Spektralphotometer angewandt worden.

II. Untersuchung eines Schwingungszustandes.

Die wichtigste Anwendung des Photometers dürfte die sein, teilweise geradlinig polarisiertes Licht, wie es z. B. vom Himmelsgewölbe zu uns kommt, auf seinen Schwingungszustand hin zu untersuchen. Dabei wird das Photometer stets mit einer centrischen Öffnung gebraucht.

Das zu untersuchende Licht komme von einer Fläche, deren Flächenhelligkeit $\mathfrak{J}$ ist, und enthalte die Mengen N bezw. P natürlichen bezw. geradlinig polarisierten Lichtes. Dann kann man sich, wie Fig. 3 veranschaulicht, das Licht zerlegt denken in zwei Komponenten $N/2$

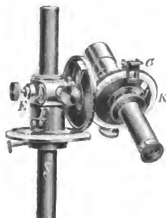


Fig. 2.

und $N/2 + P$, welche in zwei zu einander senkrechten Richtungen *os* und *or* schwingen.

1. Um die Schwingungsrichtung (*or* in Fig. 3) des polarisierten Lichtanteiles P zu finden, stellt man zunächst bei Eintritt natürlichen Lichtes das Analysatornicol auf gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder ein. Lässt man dann das teilweise geradlinig polarisierte Licht der zu untersuchenden Fläche eintreten und dreht das ganze Photometer bei ungeänderter Stellung des Analysatornicols um seine Längsaxe, so giebt es nur vier Stellungen, in denen die beiden Vergleichsfelder gleich hell erscheinen. In diesen vier Stellungen bildet die bekannte Schwingungsebene des vom Analysatornicol hindurchgelassenen Lichtes mit der gesuchten Schwingungsebene Winkel von 0 oder 90°. Welcher von beiden Fällen vorliegt, zeigt sich sofort, wenn das ganze Photometer aus der Gleichheitsstellung etwas herausgedreht wird.

2. Dreht man das ganze Photometer um 45° aus der Gleichheitsstellung heraus, so fallen die Schwingungsrichtungen der beiden photometrischen Vergleichsfelder mit *os* und *or* (s. Fig. 3) zusammen. Um die Felder auf gleiche Helligkeit zu bringen, muss man das Analysatornicol um den kleinen Winkel ε drehen, sodass die Schwingungsrichtung *on* des Nicols mit der Schwingungsrichtung des einen Vergleichsfeldes den Winkel α bildet. — Brewster hat das Verhältnis $P/(N+P)$ des polarisierten Lichtanteiles zu der gesamten Lichtmenge als Mass der Polarisation bezeichnet; wir wollen diese Definition beibehalten und das Verhältnis als „Polarisationsfaktor $\mathfrak{P}$" bezeichnen. — Aus Fig. 3 geht ohne weiteres hervor, dass

$$\frac{N/2}{N/2 + P} = tg^2\alpha \text{ ist;}$$

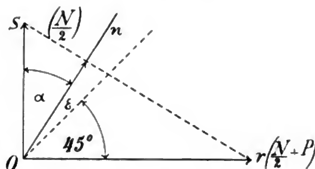


Fig. 3.

mithin ist der Polarisationsfaktor

$$\mathfrak{P} = \cos 2\alpha. \qquad 1)$$

Bei einem Versuche wurde das Photometer, während die eine centrische Öffnung mit einem Milchglase bedeckt war, auf eine Glühlampe gerichtet und so das Analysatornicol auf gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder eingestellt. Sodann wurde das Photometer auf einen Punkt des klaren blauen Himmels gerichtet, welcher etwa 30° über der untergehenden Sonne lag. Es wurde beobachtet $\alpha = 29^\circ 32'$, woraus folgt $\mathfrak{P} = 0{,}514$.

3. Das neueste der bisher zur Untersuchung der Polarisation des Himmelslichtes gebrauchten Instrumente ist das Webersche Polarisationsphotometer.[1]) Ist p die gerade noch wahrnehmbare Helligkeitsdifferenz der Vergleichsfelder, in

1) A. König, Verhandl. d. Physik. Ges. zu Berlin vom 22. Mai 1885 und 19. Mai 1886. Wied. Ann. **53**, 785—792, 1894.
F. F. Martens, Über eine Neukonstruktion des Königschen Spektralphotometers. Verhandl. d. Deutsch. Physik. Ges. 1, 280—284, 1899.

1) Leonh. Weber, Eine neue Montierung des Milchglasplattenphotometers. Schrift. d. naturw. Vereins f. Schleswig-Holstein, Bd. 8, Heft 2, 1891.
Chr. Jensen, Beiträge zur Photometrie des Himmels. Kieler Dissert. 1898.

Procenten der Helligkeit, so macht man bei Ermittelung der Schwingungsrichtung des polarisierten Lichtanteiles

beim Weberschen Photometer den Fehler

$$d\beta = \frac{p}{200\,\mathfrak{P}};$$

beim neuen Photometer den kleineren Fehler

$$d\beta = \frac{p}{400\,\mathfrak{P}}.$$

Ferner besitzt das neue Photometer die Vorzüge, dass die Handhabung bequemer ist und dass die Berechnung des Polarisationsfaktors $\mathfrak{P}$ nach einer einfacheren Formel erfolgt.

4. Eine grosse Anzahl von Beobachtern — die von Herrn Jensen a. a. O. sehr sorgfältig angeführt sind — hat im verflossenen Jahrhundert Richtung und Grösse der Polarisation für die verschiedensten Punkte des Himmels zu verschiedenen Tageszeiten bei möglichst klarem Himmel untersucht; auch sind eine Reihe von Hypothesen über die Ursache des Phänomens aufgestellt worden. Verfasser findet keine Angaben darüber, dass eine hierher gehörige, viel einfachere Frage untersucht worden ist, die Frage, ob und wie natürliche Lichtstrahlen polarisiert werden, wenn sie nach den Gesetzen regelmässiger Brechung durch die Erdatmosphäre gehen. Verfasser beabsichtigt, zur experimentellen Lösung dieser Frage das direkte Sonnen- und Mondlicht zu verschiedenen Tageszeiten zu untersuchen. Hierfür ist das kleine Polarisationsphotometer geeignet, wenn man es an Stelle des Okulars in ein Fernrohr von 50 oder mehr Centimeter Brennweite einsetzt.

III. Photometrische Untersuchung von Lichtquellen und Flächen.

1. Um die photometrischen Grössen Lichtstärke, Beleuchtungsstärke, Flächenhelligkeit zu

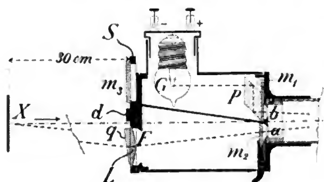


Fig. 4.

messen, schiebt man das in Fig. 4 dargestellte Lampengehäuse über das vordere Ende des Photometers. In dem Gehäuse ist die kleine Glühlampe G befestigt, deren Spannung mittels eines regulirbaren Widerstandes und eines Präcisionsvoltmeters konstant gehalten wird. Die Lampe beleuchtet durch ein Prisma P und ein Milchglas m_1 hindurch die eine Öffnung b des Photometers. In die andere Öffnung a tritt das zu untersuchende Licht nach Durchgang durch die Öffnung F des Lampengehäuses. An der Vorderwand des Lampengehäuses ist mittels der Schraube d die Scheibe S befestigt; durch Drehen von S kann man nach Belieben eine der drei in S befindlichen Öffnungen vor die Eintrittsöffnung F bringen.

Im folgenden ist der Drehungswinkel des Analysatornicols $\alpha = 0$ angenommen, wenn das von G beleuchtete Feld 2 ausgelöscht ist.

2. Um die Lichtstärke oder Leuchtkraft einer Lampe zu messen, richtet man das Photometer bei freier Öffnung F, nach Vorschaltung von m_2 vor die Öffnung a, auf die Lampe, deren Abstand von m_2 gleich R sei, und stellt durch Drehen des Analysatornicols auf gleiche Helligkeit ein. Dann berechnet sich die gesuchte Lichtstärke der Lampe

$$L = C_1 \cdot R^2 \cdot tg^2\,\alpha \text{ Hefner-Kerzen.} \qquad 2)$$

Um C_1 zu finden, stellt man eine Hefnersche Amylacetatlampe oder eine Glühlampe von der genau bekannten Kerzenstärke n geradeaus vor das Photometer. Dann berechnet sich wie aus 2) folgt

$$C_1 = \frac{n}{R_2 \cdot tg^2\,\alpha}. \qquad 3)$$

Die nachstehenden Messungen wurden im Verein mit Herrn Dr. Michaeli angestellt. Es wurde stets eine Hefner-Lampe benutzt, also war $n = 1$ zu setzen. Während der eine von uns (stets in allen vier Quadranten) das Analysatornicol einstellte, kontrolierte der andere die Hefner-Lampe. Vor und nach jeder einzelnen Einstellung wurde die Spannung der kleinen Glühlampe vom Beobachter kontroliert und event. reguliert. Die zur Bestimmung von C_1 gemachten Beobachtungen giebt die nachstehende kleine Tabelle an.

R	Spannung der Vergleichslampe[1]	Drehungswinkel α	C_1
74,18 cm	3,450 Volt	18° 23'	0,001645
40,05	3,450	31° 45'	0,001628
			$C_1 = 0{,}001637$

3. Ist die Beleuchtungsstärke[2] (auch indicierte Helligkeit genannt) zu messen, welche

1) Der beobachtete Ausschlag des Präzisionsvoltmeters von Siemens u. Halske betrug 115,0 Skalenteile.

2) Nach der Definition von Herrn Leonhard Weber ruft eine Hefner-Lampe auf einer 1 m entfernten, zur Strahlungsrichtung senkrechten Fläche die Beleuchtungsstärke 1, welche Meterkerze genannt wird, hervor. Von der Beschaffenheit der Fläche ist die Beleuchtungsstärke ganz unabhängig.

z. B. vom Tageslicht in einer bestimmten Ebene des Zimmers hervorgerufen wird, so schlägt man das Milchglas m_2 zur Seite, bringt durch Drehen der Scheibe S das Milchglas m_3 vor die Öffnung F und stellt das Photometer, nach dem Lichte hin gerichtet, so auf, dass m_3 in der zu untersuchenden Ebene liegt. Dann findet man die Beleuchtungsstärke in der Ebene

$$B = C_2 \cdot tg^2 \alpha \text{ Hefner-Meterkerzen.} \quad 4)$$

Um die Konstante C_2 zu finden, stellt man die Normallampe, deren Lichtstärke gleich n Hefner-Kerzen ist, in der Entfernung R vom Milchglase m_3 auf; dann ist nach Einstellung auf gleiche Helligkeit

$$C_2 = \frac{n}{R^2 \cdot tg^2 \alpha}. \quad 5)$$

Für das untersuchte Photometer wurde $C_2 = 18,70$ gefunden.

4. Hat man die Helligkeit (auch Intensität oder Flächenhelligkeit genannt) einer hellen Fläche (X in Fig. 4) zu messen, so bringt man vor a das Milchglas m_2, vor F die Linse L mit dem Prisma q. Dann richtet man das Photometer auf die Fläche und findet die Helligkeit

$$H = C_3 \cdot tg^2 \alpha \text{ Hefner-Kerzen pro qcm.} \quad 6)$$

Wie man die Konstante C_3 findet, geht aus folgendem Beispiel hervor.

Ein runder Gipsschirm (von einem Lummer-Brodhun'schen Photometeraufsatz herrührend) wurde geradeaus vor dem Photometer aufgestellt und mit einer Auer-Lampe beleuchtet. Diese konnte als konstant angesehen werden, da die verschiedenen Beobachtungen in abwechselnder Reihenfolge wiederholt wurden. Bei freier Öffnung F und vorgeschlagenem Milchglas m_2 fand sich die Lichtstärke des Schirmes

$$L = 0,001637\,[56,5 \cdot tg\,16^0\,1,5']^2 = 0,4311 \text{ Hefner-Kerzen.}$$

Der Durchmesser des Schirmes war 5,30 cm, die Fläche also 22,06 qcm; mithin war die Helligkeit des Schirmes

$$H = \frac{0,4311}{22,06} = 0,01954 \text{ Hefner-Kerzen pro qcm.}$$

Wurde nun das Photometer mit Linse und Prisma (q und L in Fig. 4) bei vorgeschlagenem Milchglas m_2 auf den Schirm gerichtet, so war nach 6) $0,01954 = C_3 \cdot tg^2\,31^0\,30'$, woraus folgt $C_3 = 0,05203$.

5. Ist die Helligkeit der zu untersuchenden Fläche so gering, dass die Messung nach der soeben beschriebenen Methode zu allzu kleinen Drehungswinkeln α führt, dann entfernt man das Milchglas m_2 und findet

$$H = C_4 \cdot tg^2 \alpha \text{ Hefner-Kerzen pro qcm.} \quad 7)$$

Um C_4 zu finden, richtet man das Photometer auf eine gleichmässig und konstant beleuchtete Fläche und stellt 1. bei vorgeschlagenem Milchglas m_2, 2. ohne m_2 auf gleiche Helligkeit ein; sind α_1 und α_2 die gefundenen Drehungswinkel, dann ist

$$C_4 = C_3 \cdot \frac{tg^2 \alpha_1}{tg^2 \alpha_2}. \quad 8)$$

Wurde das Photometer auf den oben erwähnten Gipsschirm gerichtet, dann fand sich

$$C_4 = 0,05203 \left[\frac{tg\,31^0\,30'}{tg\,82^0\,19'}\right]^2 = 0,0003556.$$

Zweckmässiger wäre es gewesen, bei dem Versuche den Schirm stärker zu beleuchten, sodass die beobachteten Winkel α_1 und α_2 ungefähr gleich viel von 45^0 verschieden gewesen wären.

Handelt es sich darum, die Helligkeit sehr schwach leuchtender, z. B. fluorescierender Flächen zu messen, so genügt es nicht, m_2 wegzuschlagen. Dann bringt man vor der Öffnung b nach der Seite des Photometers hin ein dunkles event. farbiges Glas an.

6. Es entsteht die Frage, ob obige Messungen einwandsfrei bleiben, wenn das untersuchte Licht teilweise oder ganz geradlinig polarisiert ist. Die Frage ist zu bejahen für die Fälle, wo entweder das Milchglas m_2 oder m_3 in den Strahlengang eingeschaltet ist; denn polarisiertes Licht wird beim Durchgang durch Milchglas völlig depolarisiert, wie durch besondere Versuche festgestellt wurde; mithin kann es keinen Einfluss auf das Resultat haben, ob in dem untersuchten Lichtbündel, bevor es auf die Milchgläser trifft, irgend eine transversale Richtung ausgezeichnet ist.

Hat man kleine Flächenhelligkeiten ohne Milchgläser zu messen und ist über den Schwingungszustand des untersuchten Lichtes im Zweifel, so macht man zwei Einstellungen, α' und α'', und dreht zwischen denselben das ganze Photometer um 90^0 um seine Längsaxe. Man hat dann in den Formeln 7) bezw. 8)

statt $tg^2 \alpha$ bezw. $tg^2 \alpha_2$ einzusetzen $\frac{tg^2 \alpha' + tg^2 \alpha''}{2}$. 9)

7. Alle in diesem Abschnitte beschriebenen Messungen beruhen darauf, dass man das Verhältnis $\frac{J_a}{J_b}$ der in die beiden Spalte eingedrungenen Lichtmengen misst. Macht man bei der Einstellung von α den Fehler $d\alpha$, so ist der prozentische Fehler[1]) der Messung

1) Die nachstehende Formel gilt natürlich auch für das Königsche Spektralphotometer.

$$\frac{100 \cdot d\frac{\mathfrak{J}a}{\mathfrak{J}b}}{\frac{\mathfrak{J}a}{\mathfrak{J}b}} = \triangle = \frac{400}{\sin 2\alpha} \cdot d\alpha. \qquad 10)$$

Für die Empfindlichkeit und Schnelligkeit der Einstellung ist es von Wichtigkeit, dass bei dem neuen Photometer die Grenze der Vergleichsfelder bei der Einstellung völlig verschwindet.[1])

8. Hat das untersuchte Licht eine wesentlich andere spektrale Zusammensetzung als das Licht der Vergleichslampe, so wird die Einstellung infolge der ungleichen Färbung der Vergleichsfelder schwierig. Man kann diese Schwierigkeit verringern, indem man die Messung so einrichtet, dass die Vergleichsfelder ziemlich dunkel erscheinen, oder umgehen, indem man nach Herrn Leonh. Weber[2]) zuerst ein rotes, dann ein grünes Glas vor die Okularöffnung bringt und die äquivalente Lichtstärke, Beleuchtungsstärke oder Helligkeit nach einer von Weber aufgestellten Tabelle berechnet.

IV. Weitere Anwendungen des Photometers.

1. Bringt man zwischen ein Nicol und die eine centrische Öffnung des Photometers eine drehende Substanz, so kann man die Drehung der Substanz bis auf etwa 0,1° messen, indem man durch Drehen des ganzen Photometers um seine Längsaxe vor und nach dem Einschalten der Substanz auf gleiche Helligkeit einstellt.

2. Um ein Krystallblättchen auf Dichroismus zu untersuchen, bringt man dasselbe vor die eine centrische Öffnung des Photometers oder bildet es durch eine vor die Öffnung gebrachte Linse in der Ebene des Zwillingsprismas ab. Dann kann man an der ungleichen Färbung der beiden Hälften des Gesichtsfeldes auch sehr geringen Dichroismus erkennen.

3. Herr Boas[3]) hat vor kurzem eine Methode veröffentlicht, um die Kontrastintensität von Röntgenstrahlen zu messen. Die untersuchten Strahlen fallen auf zwei benachbarte Stellen eines fluorescierenden Schirmes, auf die eine direkt, auf die andere nach dem Durchgang durch ein Platinblech bestimmter Dicke. Herr Boas misst nun das Helligkeitsverhältnis der beiden fluorescierenden Stellen. Hierfür hat sich das neue Photometer geeigneter erwiesen, als ein ursprünglich von Herrn Boas benutztes Photometer nach einem anderen Principe.[1])

4. Um die Absorption einer Substanz zu bestimmen, bringt man die Substanz, deren Schichtdicke D sei, vor die eine Öffnung des Photometers, während die andere frei bleibt. Zur Beleuchtung dient weisses Licht, welches durch farbige, vor die Okularöffnung gebrachte Gläser gefärbt werden kann, oder besser monochromatisches Licht, z. B. *Na*-Licht. Dann berechnet sich der Extinktionskoefficient

$$\varepsilon = \frac{2 \log tg\alpha}{D}. \qquad 11)$$

5. Ersetzt man das Fadenkreuz eines Spektroskopes durch einen Spalt, das Okular durch das kleine Polarisationsphotometer, so wird das Spektroskop zu einem sehr brauchbaren Spektralphotometer. Nähere Mitteilungen hierüber sollen später gegeben werden.

1) Über die Ursache des Verschwindens der Grenze s. F. F. Martens, Verhandl. d. Deutsch. Physik. Ges. 1, 279, 1899.

2) Leonh. Weber, Die photometrische Vergleichung ungleichfarbiger Lichtquellen. Elektrotechn. Zeitschr. 5, 166 bis 172. 1884.

3) H. Boas, Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 1, 242—244. 1899.

1) S. Czapski, Zeitschrift für Instrumentenkunde 12, 161—162. 1892.

Berlin, Optische Werkstätte von Franz Schmidt & Haensch. März 1900.

(Eingegangen 21. März 1900.)

Über den Widerstand des Wehnelt-Unterbrechers.

Von E. Ruhmer.

Das von H. Th. Simon aufgestellte Wirkungsgesetz des Wehnelt-Unterbrechers[1]) basiert auf der Annahme, dass es als erste Annäherung statthaft sei, einen mittleren Wert des Widerstandes w des arbeitenden Unterbrechers als konstant zu behandeln.[2])

Um festzustellen, inwieweit diese Annahme zulässig ist, wurden die folgenden Versuche angestellt.

Es wurden 3 Unterbrecher hergestellt, deren freie Platinstift-Oberflächen im Verhältnis 1 : 2 : 3 standen.

Unterbrecher I. $l = 4{,}0$ mm $d = 0{,}7$ mm
Oberfläche = 9,18 qmm

Unterbrecher II. $l = 8{,}17$ mm $d = 0{,}7$ mm
Oberfläche = 18,35 qmm

Unterbrecher III. $l = 12{,}35$ mm $d = 0{,}7$ mm
Oberfläche = 27,53 qmm.

Die Stromstärken wurden an einem Hitzdrahtinstrument abgelesen, die Unterbrechungs-

1) Wied. Ann. Bd. 68, S. 273 (1899).

2) loc. cit. S. 281.

zahlen teils auf mutoskopischem Wege,[1]) teils nach einer neuen sehr einfachen, wohl zuerst von Wehnelt angewendeten Methode bestimmt. Eine Beschreibung des von mir zu letzterer Bestimmung hergestellten Apparates soll an besonderer Stelle erfolgen.

1. Versuch.

No. des Unterbr.	E in Volt	L in Henry	J in Amp.	N pro Sek.	t in °C.
I	105	$3\cdot10^{-5}$	12	1462	18,5
II	105	$3\cdot10^{-5}$	22,5	1170	18,5
III	105	$3\cdot10^{-5}$	30,75	795	18,5

Es sei zunächst darauf hingewiesen, dass in vorliegendem Falle thatsächlich die Voraussetzung, die dem Simonschen Wirkungsgesetz zu Grunde liegt, $\frac{L}{w}$ klein gegen T_1[2]) erfüllt ist. Der Widerstand des Stromkreises beträgt etwa 10 Ohm, L ist $3\cdot10^{-5}$, demnach ist die Zeitkonstante von der Grössenordnung $3\cdot10^{-6}$ Sekunden, während die Unterbrechungszeiten von der Grössenordnung $1\cdot10^{-3}$ Sekunden sind.

Es gilt also die Beziehung:

$$T = \frac{3}{2}\frac{L}{w} + C_1\frac{w}{E^2} + C_2.\text{[3])}$$

Aus den Untersuchungen über die Stromkurve des Wehneltschen Unterbrechers mit Hülfe der Braunschen Röhre[4]) geht deutlich hervor, dass die Zeitdauer $T_2 = C_2$ vom Momente der Unterbrechung bis zum abermaligen Schluss verschwindend gering ist gegen T_1; wir können daher die Simonsche Formel

1) $$T = \frac{3}{2}\frac{L}{w} + \frac{C\cdot w}{E^2}$$

für unsere folgenden Betrachtungen zu Grunde legen.

Die Widerstände im metallischen Schliessungskreise waren so klein (etwa 0,4 Ohm), dass sie gegen den Widerstand im Unterbrecher ausser Acht gelassen werden können.

Zieht man noch die von Simon abgeleitete Beziehung:

2) $$J^2 w\, T = C\text{[5])}$$

in Betracht, so lassen sich aus beiden Gleichungen Schlüsse bezüglich des Widerstandes und der Konstanten C ziehen. Aus den Beziehungen 1) und 2) folgt:

$$w^3 = \frac{E^2}{J^2}w - \frac{3}{2}\frac{E^2 L}{J^2 T}.$$

$\frac{3}{2}\frac{E^2 L}{J^2 T}$ ist ein Korrektionsglied, ohne welches wir w einfach nach dem Ohmschen Gesetze berechnen könnten. Löst man die kubische Gleichung auf, so findet man nach einfacher Rechnung

$$w_1 = 8{,}7 \text{ Ohm},\ w_2 = 4{,}7 \text{ Ohm},\ w_3 = 3{,}4 \text{ Ohm}.$$

Der Einfluss des Korrektionsgliedes ist in unserem Falle fast ohne Einfluss, denn ohne dasselbe ergiebt sich

$$w_1 = 8{,}8 \text{ Ohm},\ w_2 = 4{,}7 \text{ Ohm},\ w_3 = 3{,}4 \text{ Ohm}.$$

Aus den Widerständen folgt sofort nach $C = \frac{J^2 w}{N}$

$$C_1 = 0{,}86,\quad C_2 = 2{,}03,\quad C_3 = 4{,}11.$$

Um nun die Konstanz von w resp. C zu prüfen, wurde folgender 2. Versuch angestellt.

2. Versuch.

No. des Unterbr.	E in Volt	L in Henry	J in Amp.	N pro Sek.	t in °C.
I	105	$5\cdot10^{-5}$	9	871	18,5
II	105	$5\cdot10^{-5}$	15,25	500	18,5
III	105	$5\cdot10^{-5}$	20,5	380	18,5

Anm. Widerstand des metallischen Schliessungskreises ca. 0,5 Ohm.

Zunächst ist ersichtlich, dass in Übereinstimmung mit der Simonschen Theorie die am Hitzdrahtinstrument angezeigte Stromstärke mit wachsender Selbstinduktion abnimmt.[1])

Führt man die gleiche Rechnung wie bei dem 1. Versuch durch, so findet man jetzt:

$$w_1 = 11{,}6,\quad w_2 = 6{,}9,\quad w_3 = 5{,}1$$

und daraus

$$C_1 = 1{,}1,\quad C_2 = 3{,}2,\quad C_3 = 6{,}7.$$

Aus den Versuchen 1) und 2) folgt demnach: Der Widerstand ein und desselben Unterbrechers ist nicht konstant; er ist eine Funktion der Stromstärke und Selbstinduktion und zwar nimmt er mit wachsender Stromstärke ab, mit zunehmender Selbstinduktion zu.

Ferner: Vergrössert man bei sonst unveränderten Verhältnissen im Stromkreise nur die Oberfläche der Platinanode und berechnet dann aus der Stromstärke die Stromdichte pro Flächeneinheit, so ist ersichtlich, dass die Stromdichte bei Vergrösserung der Oberfläche abnimmt.[2])

Dieses Verhalten wird bedingt durch die in dem Stromkreis enthaltene Selbstinduktion. Bekanntlich ist:

$$i = \frac{E}{w}\left(1 - e^{-\frac{w}{L}t}\right).$$

Für das Anwachsen des Stromes kommt es lediglich auf die Zeitkonstante $\frac{L}{w}$ an. Soll daher die Stromstärke beim halben Widerstande

1) Vgl. Phys. Zeitschr. I, No. 19, S. 212 (1900).
2) Vgl. loc. cit. S. 282/3.
3) loc. cit. S. 284, Formel 9.
4) A. Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 249 (1899) und A. Wehnelt u. B. Donath, Wied. Ann. 69, S. 861 (1900).
5) loc. cit. S. 287, Formel 13.

1) loc. cit. S. 287, Formel 14.
2) Vgl. auch Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 239 (1899).

$\frac{w}{2}$ in jedem Zeitmoment doppelt so gross sein wie beim Widerstand w im ersten Falle, so muss $\frac{L}{w}$ konstant bleiben, d. h. man muss auch die im Stromkreis enthaltene Selbstinduktion um die Hälfte verkleinern. Dann wird auch der am Hitzdrahtinstrument abgelesene Mittelwert der Stromstärke im zweiten Falle doppelt so gross sein müssen wie im ersten Fall. Dass dies thatsächlich der Fall ist, zeigt folgender Versuch:

3. Versuch.

No. des Unterbr.	E in Volt	L in Henry	J in Amp.	N pro Sek.	t in °C.	Vorschalt-Widerstand r in Ohm
I	220	$\frac{4}{100}$	4,4	54	18,5	ca. 50
II	220	$\frac{2}{100}$	8,75	53	18,5	ca. 25
während						
II	220	$\frac{4}{100}$	8,25	45	16,5	ca. 25

Aus diesem Versuche ergiebt sich, dass beliebige Unterbrecher bei derselben Stromdichte dieselbe Unterbrechungszahl besitzen.

(Eingegangen 23. März 1900.)

Vorlesungen des Sommersemesters 1900.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik II; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium: a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Experimentalphysik enc. Kurs; Theorie der Elektrochemie. — **Polis**: Grundzüge der Meteorologie; Niederschlagsverhältnisse. — **Jürgens**: Höhere Mathematik I mit Übungen; Elemente der analytischen Geometrie, der Differential- und Integralrechnung mit Übungen. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Elemente der darstellenden Geometrie. — **von Mangoldt**: Höhere Mathematik II mit Übungen; Algebraische Analysis; Mathematisches Seminar. — **Sommerfeld**: Mechanik I und II. — **Grotrian**: Elektrotechnik I und II; Elektrotechnisches Praktikum. — **Köchy**: Lokomotivbau I und II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente; Grundzüge des Eisenbahnwagenbaues. — **Lüders**: Maschinenkunde (für Berg- und Hüttenleute) I und II. — **Lynen**: Maschinenbau; Maschinenkonstruieren für Maschineningenieure und Elektrotechniker mit besonderer Berücksichtigung des Baues elektrischer Maschinen. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre I und II; Kinematik. — **Vater**: Baumaschinen; Maschinenzeichnen; Kleinkraftmaschinen. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen.

Universität Basel.

E. Hagenbach-Bischoff: Experimental-Physik I, 6; Behandlung physikalischer Aufgaben im mathematischen Seminar, 2 *g*; physikalisches Laboratorium mit Veillon, 2. — **G. Kahlbaum**: Allgemeine physikalische Chemie II, 2; Colloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; physikalisch-chemisches Praktikum. — **H. Veillon**: Repetitorium der Optik, Wärme- und Elektricitätslehre, 2. — **K. Von der Mühll**: Einleitung in die mathematische Physik, 5; ein zu bestimmendes Kapitel der mathematischen Physik, 4; mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **H. Kinkelin**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung, 3; Differential-Gleichungen, 3; analytische Geometrie, 3. — **J. Hurwitz**: Theorie der elliptischen Funktionen, 3. — **A. Riggenbach**: Theorie der astronomischen Instrumente, 2; astronomische Übungen, 2 *g*.

Universität Bern.

Forster: Experimental-Physik, I. Teil, 6; Wärmelehre, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 4; physikalisches Praktikum, 4; Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen und elektrische Wellen, 2. — **Gruner**: Astrophysik, II. Teil, 1; elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **Brückner**: Astronomie und physikalische Geographie, I. Teil, 3; Repetitorium der physikalischen Geographie mit Übungen, 2. — **Graf**: Kugelfunktionen, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; ausgewählte Kapitel der Mathematik und mathematischen Physik, 2; mathematisches Seminar, 2. — **Huber**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, II. Teil, 2; Theorie der elliptischen Integrale, 2; Raumkurven und abwickelbare Flächen, 2; mathematisches Seminar, 1. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; analytische Geometrie, I. Teil, 2. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; praktische Geometrie, Übungen auf dem Terrain, 3.

Universität Berlin.

Fock: Einleitung in die Chemie und Physik, 1; Krystallographie, 1. — **Planck**: System der gesamten Physik, 4; Colloquium, 2 *g*; Übungen im Institut für theoret. Physik, 1 *g*. — **Warburg**: Experimentalphysik II, 5; mathematische Ergänzungen dazu, 1 *g*; Arbeiten im Laboratorium; Colloquium, 2 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoret. Physik, 4; Übungen, 1 *g*. — **Aschkinass**: Theorie der Krystalloptik, 2. — **Neesen**: Gesetze der Verteilung elektrischer Energie, 1 *g*. — **Behn**: Wärmelehre, 1 *g*. — **Pringsheim**: Physik der Sonne, 1 *g*. — **Weinstein**, Physik des Weltalls, 1 g. — **Blasius**: Arbeiten im physikal. Laboratorium tägl.; physikal. Übungen, 1 *g*; physikal. Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **Kohlrausch**: Physikal. Colloquium, 2 *g*. — **von Bezold**: Theoret. Meteorologie 2; Colloquium, 1 *g*; Übungen im meteorol. Institut tägl. — **Less**: Prakt. Witterungskunde, 2. — **Assmann**: Gebrauch der meteorolog. Instrumente, 1; Meteorologie, 1 *g*. — **van 't Hoff**: Physikal. Chemie, 1 *g*. — **Meyerhoffer**: Chem. Gleichgewicht, 1. — **Jahn**: Thermochemie und thermodynamische Theorie chem. Vorgänge, 3; physikal.-chemische Arbeiten tägl. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Landolt**: Anorgan. Experimentalchemie, 5; Übungen im Laboratorium tägl.; physikal.-chemische Arbeiten tägl. — **Helmert**: Messung von Höhen, 1; Anwendung der kürzesten Linie auf die Geodäsie, 1 *g*. — **Förster**: Astrometrie und Theorie der Instrumente, 4; Zeitmessung, 2 *g*; rechnerische Übungen, $1^1/_2$ *g*; Seminar für wissenschaftl. Rechnen. — **Bauschinger**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 3; Doppelsterne, 1 *g*; Berechnung astronomischer Jahrbücher, $1^1/_2$ *g*; Seminar für wissenschaftl. Rechnen. — **Marcuse**: Allgem. Himmelskunde, $1^1/_2$; Ortsbestimmungen, $2^1/_2$; astronom. Übungen, 2 *g*. — **Scheiner**: Photographie des Himmels, 2; astrophysikal. Colloquium, 1 *g*. — **Battermann**: Äquatorial und Heliometer, 1. — **Schwarz**: Synthetische Geometrie, 4; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Theorie der analyt. Funktionen, 2 *g*; Colloquia, *g*; Seminar, *g*. — **Lehmann-Filhés**: Analyt. Geometrie, 4; Theorie der hypergeometrischen Reihe, 1 *g*. — **Knoblauch**: Integralrechnung, 4; Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Theorie der elliptischen Funktionen, 1 *g*. — **Hoppe**: Integralrechnung, 4; analyt. Mechanik, 4; Elementarfragen der Philosophie, 2 *g*. — **Hensel**: Differentialrechnung, 4, Theorie der Flächen 2. Ordnung, 2 *g*; analyt. Mechanik, 4. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4; Seminar, *g*. — **Fuchs**: Einleitung in die Theorie der Funktionen, 4; Seminar, *g*. — **Hettner**: Unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2.

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik II, 4; Physikal. Übungen, 4; desgl. für Chemiker, 2; Mathem. Physik, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik II, 4; Physikal. Übgn., 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maasseinheiten und Messmethoden, 2. — **Miethe**: Photographische Übungen, 4 oder 8; Photochemie, 2; Konstruktionstypen der photographischen Instrumente, 1; Lichtpausübungen. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **v. Knorre**: Elektrochemisches Laboratorium, 48; Angewandte Elektrochemie, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Slaby**: Übungen zur Wärmemechanik, 18; Elektromechanik, 4; Übgn. im elektrotechn. Laboratorium, 32. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Elektrotechnische Messkunde, 2; Elektrotechnische Anlagen und Betriebe, 2; Beleuchtungstechnik, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2; Übgn., 2. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2; Übgn., 3; Berechnung elektrischer Leitungsnetze. — **Rössler**: Elektrische Bahnen, 2; Ausgewählte Kapitel der Elektrotechnik, 2; Fernleitung von Wechselströmen, 2. — **Vogel**: Theorie und Anwendung von Elektromotoren, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 4; Die Lehre von der Elastizität als Grundlage für die Festigkeits-Berechnung der Bauwerke, 4. — **Hörmann**: Mechanische Technologie I, 2; IIb (Spinnerei, Weberei), 4; Werkzeugmaschinen, 2. — **Kammerer**: Maschinenlehre II, 2; Übgn. dazu, 6; Hebemaschinen, 4; Maschinenbau (m. Riedler), 3; Übgn., 4. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 2. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, 4; Übgn.; Dampfkessel, 2; Übgn., 4. — **Martens**: Materialienkunde mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 2; Übgn., 2. — **G. Meyer**: Eisenbahnmaschinenbau, 4; Übgn., 2; Maschinenkunde II, 2; Übgn., 3. — **Reichel**: Maschinenelemente, 4; Übgn., 2. — **Riedler**: Maschinenbau (mit Kammerer), 3; Übgn., 4. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 2; Entwerfen von Dampf- und Arbeitsmaschinen, 4; Übgn., 4. — **Josse**: Übungen im Maschinenlaboratorium I, 1; Übgn., 4; II, 6; III, 10. — **Hartmann**: Kinematische Geometrie und Kinematik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4; Übgn., 2. — **Brinkmann**: Konstruktion der Kriegsschiffe, 2; Übgn., 4. — **Flamm**: Theorie des Schiffes II, 4; III, 2; Zeichnen und Entwerfen von Schiffen I, 4; II, 4; III, 4. — **Görris**: Schiffskessel I, 2; Entwerfen von Schiffskesseln, 4; Schiffsmaschinen I, 4; II, 4; Entwerfen von Schiffsmaschinen und Rohrplänen, 4; Schiffshilfsmaschinen, 2. — **Kretschmer**: Einrichtungen der Kriegsschiffe, 2; Übgn. 4. — **Zarnack**: Praktischer Schiffsbau I, 2; Übgn., 2; II, 2; Übgn., 2; Entwässerungs-Anlagen, wasserdichte Verschlüsse, 2. — **Riess**: Freibord von Schiffen, 2. — **Haentzschel**: Trigonometrie, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik II, 6; Übgn., 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Dziobek**: Höhere Mathematik I, 6; Übgn., 2; Elemente der Mechanik, 4; Ausgewählte Kapitel der höheren Analysis, 2. — **Hettner**: Höhere Mathematik II, 6; Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik II, 6; Übgn., 2; Elemente der analytischen Geometrie, 2. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Hamburger**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie, 2; Niedere Analysis und Algebra, 4. — **Steinitz**: Mechanik, 4; Übgn., 2; Synthetische Geometrie, 2. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 6; Mathematische Physik, 2. — **Hauck**: Projektionslehre II, 12; Übgn. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie II, 5; Übgn., 10. — **Jolles**: Projektionslehre I, 6; Übgn., 6; Elemente der darstellenden Geometrie, 2; Übgn., 4. — **Doergens**: Niedere Geodäsie II, 3; Geodät. Praktikum II, 2; Übgn. im Feldmessen, 4; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2.

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II. Teil, 5; Laboratorium für Anfänger, 8; Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikal. Colloquium, 2 *g*. — **Hagenbach**: Physikalische Messmethoden im Anschluss ans Praktikum, 1 *g*; Physikalische Constanten, 1. — **Lorberg**: Elasticität, 2 *g*; Mechan. Wärmetheorie, 4. — **Küstner**: Theorie der astronom. Instrumente, 3; astronom. Colloquium, 1 *g*; Prakt. astron. Übungen, 1. — **Löb**: Physikalische Chemie I, 2; Elektrochemie, 1 *g*. — **Bucherer**: Thermodynamik elektro-chemischer Vorgänge, 1 *g*; Experimentelle Methoden der Elektrochemie, 2 *g*. — **Kortum**: Elemente der Differential- und Integral-Rechnung, 4; Reihenlehre, 2; Mathemat. Seminar, 2 *g*. — **Lipschitz**: Elementare Mechanik, 4; Mathemat. Seminar, 2 *g*. — **Heffter**: Funktionentheorie, 4; Invariantentheorie, 3; Übungen zur Funktionentheorie, 1 *g*.

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum, 2; Experimentalphysik, 4; Ausgew. Kapitel der math. Physik, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 1. — **Rellstab**: Elektromagnetismus, 2. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; elektrotechn. Praktikum, 6. — **Bodländer**: Elektrochemie, 2; elektrochemisches Praktikum, 6. — **Schöttler**: Angewandte Wärmemechanik, 3; Technische Mechanik I, 7. — **Fricke**: Analyt. Geometrie u. Algebra, 2; Differential- u. Integralrechnung I, 6; Analyt. Mechanik, 3; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 10; Geometrie der Bewegung, 3; Stereometrie, 1. — **Denecke**: Technische Mechanik III, 5.

Universität Breslau.

Meyer: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars; Experimental-Physik, I. Teil: Mechanik, Akustik und Optik, 5 *g*; Einleitung in die mathematische Physik, 4; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Heydweiller), 6. — **Heydweiller**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik, $1\frac{1}{2}$; der elektrische Strom und seine Anwendungen, Einführung in die Elektrotechnik für Stud. aller Fakultäten, 2; physikal. Praktikum (mit Meyer), 6. — **Abegg**: Mathematisch-physikalische Ergänzungen zur physikalischen Chemie I, nach Bedarf, in jedesmal zu verabredenden Stunden, *g*; physikalische und chemische Grundlagen der Photographie, 1 *g*; Anleitung zu den ersten Arbeiten im Laboratorium, wöchentlich mehrmals, *g*; physikalische Chemie I, mit Experimenten, $1\frac{1}{2}$; Elektrochemie, mit Experimenten, 2; praktisch-chem. Übungen (mit Ladenburg), 49; elektrochem. Praktikum, 4. — **Rosanes**: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*; analytische Geometrie der Ebene, 4; Elemente der Invariantentheorie, 2. — **Sturm**: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*; Differentialgeometrie, 3; Kurven und Flächen dritter Ordnung, 3. — **Franz**: Praktische Astronomie der Beobachtungen, 2; Theorien der Mondbahn, 2.

Universität Czernowitz.

Handl: Praktisch-physikalische Übungen, 8. — **Tumlirz**: Theoretische Optik, 5; Mathem.-physikalisches Seminar, 2 *g*; Mathem.-physikal. Proseminar, 2 *g*. — **Puchta**: Elemente der analytischen Geometrie des Raumes, 4; Funktionentheorie (Fortsetzung), 2; Seminar für Mathematik, 2 *g*.

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimental-Physik, 5; Mathematische Elektricitätslehre, 2; Physikalisches Praktikum, 4 Nachm.; Selbständige physikalische Arbeiten. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1. — **Fritsch**: Meteorologie, 1. — **Meisel**: Optische Instrumente II, 2. — **Zeissig**: Experimental-Physik, 4. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik I und II, je 2; Elektrotechnisches Seminar, 1; Elektrotechnisches Praktikum, 4 halbe Tage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Elektrotechnik für vorgeschrittene Studierende. — **Goldschmidt**: Betrieb und Regelung von Elektromotoren, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Colloquium, 1; Chemisch-technisches und elektro-

chemisches Praktikum, ganze Woche; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2. — **Vaubel**: Chemische Dynamik, 1; Über Molekulargewichts-Bestimmungen und Berechnungen, 1.

Technische Hochschule Dresden.

Toepler: Experimentalphysik, 5; Physikal. Praktikum I, 3, II, 6 oder 9. — **Pockels**: Physikalische Messkunde I, 2; Geophysik, 1. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie, 3; Lichtpausen 2; Mikrophotographie und Projektion, 2; Photogrammetrie, 3. — **Förster**: Chemische Technologie des Glases, 2; Physikalische Chemie I, 2. — **Hallwachs**: Allgem. Elektrotechnik II, 2; Theorie der Dynamomaschinen, 3; Elektrotechnisches Praktikum I, 4; II, 30. — **Seefehlner**: Elektromotoren und elektrische Kraftübertragung, 2. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3. — **Heger**: Elementare Einführung in die Thermodynamik. — **Mohr**: Technische Mechanik, 5; Übungen dazu, 1; Graphostatik, 4. — **Mollier**: Technische Thermodynamik II, 4; Übungen dazu, 2; Kinematik mit Übungen, 5; Technische Hydraulik, 2. — **Lewicki**: Dampfmaschinen II, 4; Wasserkraftmaschinen, 3; Maschinenkonstruieren, 10; Maschinenbau-Laboratorium, 3. — **Fuhrmann**: Differential- und Integralrechnung, 5; Anwendungen der Elementarmathematik, 2; Geodätisches Praktikum, 4; Geodätisches Zeichnen, 2; Geodätische Aufg., 2. — **Krause**: Integralrechnung, 6; Übungen dazu, 1; Funktionentheorie II, 2; Seminar, 1. — **Helm**: Analytische Geometrie I, 3; Übungen dazu, 1; Potentialtheorie, 2; Dioptrik, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 3. — **Naetsch**: Differentialgeometrie, 3; Sphärische Trigonometrie, 2. — **Rohn**: Darstellende Geometrie I, 4; Übungen dazu, 6; Geometrie des Kreises und der Kugel, 2. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 4; Übungen dazu, 2; Höhere Geodäsie I, 2; Sphärische Astronomie, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4; II, 4; Übungen und Terrainaufnahmen.

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik (Wärme, Akustik, Optik), 5; Physikal. Praktikum f. Anfänger (Chemiker, Mediziner etc.), 2; Physikal. Halbpraktikum, 20; Physikal. Vollpraktikum, 40; Physikal. Colloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Anwendung von Differentialgleichungen auf physikalische Probleme, 2. — **Gordan**: Differentialgleichungen, 4; Invarianten, 4; Übungen im Seminar, 3 *p*. — **Nöther**: Synthetische Geometrie mit Übungen, 4; Analyt. Mechanik, 4; Mathemat. Übungen, *g*.

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimental-Physik, 5; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 15; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich; Physikalisches Colloquium, 2 *g*. — **G. Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Spektral-Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der Elektrochemie, 1; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten für Geübtere, täglich. — **Stickelberger**: Projektivische Geometrie, 3; Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar. — **Loewy**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2. — **Rebmann**: Elemente der Arithmetik und Algebra, 2.

Universität Giessen.

Drude: Experimental-Physik, I. Teil (Mechanik, Akustik, Wärme), 5; physikal. Praktikum für Anfänger, 9; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich; Physikalisches Colloquium. — **Fromme**: Thermodynamik, 3; Übungen in theoretischer Physik, 1 *g*; niedere Geodäsie mit prakt. Übungen, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, täglich; elektrochemisches Praktikum, täglich; chemisches Praktikum für Mediziner (mit Rohde), 5; Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1; Allgemeine theoretische Chemie, 2; Chemisches Colloquium, 2. — **Pasch**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elliptische Funktionen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Haussner**: Invarianten- und Formentheorie, 2; Auflösung numerischer Gleichungen, 1; darstellende Geometrie, I. Teil (Parallelprojektion) nebst Übungen, 5. — **Netto**: Elemente der Algebra, 4; bestimmte Integrale, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 1 *g*.

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I, 3; Physikal. Übungen, 8; Absolute Maasse, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten, 40 *g*. — **Voigt**: Potentialtheorie mit Anwendung auf Elektricität und Magnetismus, 4; Physikal. Praktikum (m. Riecke), 4; Ausgew. Kapitel d. Mechanik, 1 *g*; Physik. Beobachtungen f. Vorgeschrittene, 40 *g*. — **Des Coudres**: Wechselstrom-Messmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Fouriersche Reihen, 1 *g*; Elektrotechn. Arbeiten für Vorgeschrittene, *g*. — **Simon**: Beurlaubt. — **Kaufmann**: Physikalische Grundlagen der Musik mit Demonstrationen, 1. — **Abraham**: Elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **E. Meyer**: Dynamische Aufgaben der Technik, 2; Allgem. thermodynam. Praktikum, 3; Maschinenlehre, 1 *g*; Thermodynam. Praktikum für Vorgeschrittene, *g*; Landwirtsch. Maschinen, 1 *g*; Maschinentechn. Exkursionen für Landwirte, *g*. — **Nernst**: Elektrochemie, 3; Physico-chem. Arbeiten, ganz und halbtägig; Thermodynamische Ergänzungen z. Elektrochemie, 1 *g*; Physico-chem. Colloquium, 1 *g*. — **Coehn**: Über Darstellung chem. Präparate auf elektr. Wege (m. Übungen), 3. — **Streintz**: Thermochemie, 2. — **Klein**: Elasticitätstheorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Schur**: Sphärische Astronomie II (Praktische Astronomie), 4; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, 6; Allgemeine Astronomie, 1 *g*; Astronomische Übungen im mathem.-physik. Seminar, 1 *g*. — **Hilbert**: Differentialgleichungen, 4; Flächentheorie, 2; Linien- und Kugelgeometrie, 2; Übungen z. Flächentheorie i. mathem.-physik. Seminar, 2 *g*. — **Brendel**: Mechanik d. Himmels, 3; Arbeiten a. d. Gebiete d. Störungstheorie, *g*. — **Wiechert**: Einführung i. d. Geodäsie, Vorlesung und Übungen, 4; Geophysikal. Praktikum, *g*. — **Schilling**: Differentialrechnung, 4; Malerische Perspektive, 1; Übungen z. Perspektive, 2 *g*. — **Ambronn**: Geograph. Ortsbestimmungen m. bes. Berücksichtigung d. f. Forschungsreisende zweckmässigen Methoden m. Übungen, 2 *g*. — **Bohlmann**: Analyt. Geometrie, 4; Mathem. Übungen i. Versicherungsseminar, 2 *g*. — **Zermelo**: Elliptische Funktionen, 4. — **Sommer**: Theorie d. algebraischen Kurven, 4; Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen, 2.

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikalische Übungen, 12. — **Wassmuth**: Die Theorie der Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes, 4; Wärmeleitung, 1; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3. — **Hann**: Einführung in die Klimatologie, 2; Klima von Österreich-Ungarn, 1; Barometrische Höhenmessung, 1. — **Subic**: Meteorologie der Gebirge, 2. — **v. Hepperger**: Praktische Astronomie, 2; Bahnbestimmung von Kometen, 2; Stellen-Spektralanalyse, 1. — **Frischauf**: Integralrechnung, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Zahlentheorie, 2; Elliptische Funktionen, 2. — **v. Dantscher**: Analytische und projektivische Geometrie der Ebene, 5; Mathematisches Seminar, 2. — **Streissler**: Darstellende Geometrie und konstruktive Übungen, 3. —

Technische Hochschule Graz.

von Ettingshausen: Allgemeine und technische Physik II, 5; Allgemeine Elektrotechnik II, 3; elektrotechnische Übungen, 7. — **Hočevar**: Algebra und Analysis, Analytische Geometrie, 6; Übungen dazu, 2. — **Stelzel**: Mathematik für Chemiker II, 3. — **Peithner Frh. von Lichtenfels**: Mathematik II, 4; mathem. Repetitorium, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4; Übungen dazu, 6. Ausgewählte Kapitel a. d. darstellenden Geometrie, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik II, 4; Übungen dazu, 2; Technische Mechanik II, 3; Kinematische Geometrie der Ebene, 2. — **Bartl**: Theoretische Maschinenlehre I, 2; Maschinenkunde II, 4.

Universität Greifswald.

Richarz: Theorie der Wärmeleitung u. Strahlung, kinetische Gastheorie, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikal. Untersuchungen, 6; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit König), 2. — **König**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmaceuten, 2; Elementar-mathematische Ergänzungen der Experimentalphysik, 1 *g*. — **Holtz**: Bevorzugte Kapitel der galvanischen Elektricität mit Experimenten, 1; Bevorzugte Kapitel der physikalischen Geographie mit Experimenten, 1 *g*. — **Schreber**: Die Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektricitätslehre, 3. — **Thomé**: Analytische Geometrie II, 2; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Study**: Funktionentheorie I, 4. — Differential- u. Integralrechnung I, 4; Übungen im Seminar, 1 *g*.

Universität Halle.

Dorn: Galvanische Messmethoden, 2 *g*; Experimentalphysik, II. Teil (Elektricität, Magnetismus, Licht), 4; Physikalisches Laboratorium a) für Anfänger, 6; b) für Geübte zu Untersuchungen, den ganzen Tag. — **Schmidt**: Übungen zur Optik, 2 *g*; Theoretische Optik, 4. — **Roloff**: Theorie der elektrolytischen Dissociation, 1; Photochemie, 1. — **Wangerin**: Differentialrechnung mit Übungen, 5; Elliptische Funktionen, 5; Übungen des mathematischen Seminars, alle 14 Tage, 2 *g*. — **Eberhard**: Geschichte der Analysis, 1 *g*; Funktionentheorie, 4. — **Lorenz**: Einleitung in die Geodäsie, 2 *g*; Feldmessen und Nivellieren, 2½. — **Grassmann**: Analytische Mechanik, II. Teil, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2; Übungen zur analytischen Mechanik, alle 14 Tage, 1 *g*; Übungen zur darstellenden Geometrie, 1 *g*. — **Neumann**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 2; Einleitung in die synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 3; Übungen zur Geometrie, 1.

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik II, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Übungen im Laboratorium (mit Paschen), 4. — **Paschen**: Photographieren, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik II, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, 8; II, 15. — **Heim**: Elektrische Anlagen und Betriebe II, 3; Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; elektrolytische Übungen, 4. — **Thiermann**: Elektrische Bahnen, 3. — **Franke**: Elektrotechnisches Colloquium, 1. — **Keck**: Mechanik I, 4; Übungen dazu, 1; Statik der Baukonstruktionen II, 6; Übungen dazu, 3. — **Riehn**: Bau und Theorie der Kraftmaschinen, 6; Übungen dazu, 8; Entwerfen von Kraft- und Hebemaschinen, 4; Schiffbau, 3; Übungen dazu, 4. — **Frank**: Maschinenorgane, 4; Übungen dazu, 7; Eisenbahnmaschinenbau, 3; Übungen dazu, 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium I, 1; Übungen, 8; Ingenieurlaboratorium II, 1; Übungen, 8; Theoretische Maschinenlehre, 4. — **Müller**: Allgemeine Maschinenlehre, 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues, 3; Übungen dazu, 4; Maschinenelemente, 2; Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, 2; Bau und Einrichtung der Fabrikanlagen und Eisenbahn-Werkstätten, 3. — **Kiepert**: Differential- und Integralrechnung II, 6; Übungen dazu, 2; Analytische Geometrie, 5; Übungen dazu, 1. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung III, 5; Übungen dazu, 1; Übungen in der Anwendung der höheren Mathematik, 4. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie, 3; Übungen, 6; Darstellende Geometrie I, 3; Übungen, 6.

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik (Optik, Magnetismus, Elektricität), 5; Physikalisches Praktikum, 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, an den ersten fünf Wochentagen; Übungen des physikalischen Seminars, 1. — **Eisenlohr**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Mechanik, 4. — **Precht**: Theoretische Physik, I. Teil (Mechanik, Elasticitätstheorie), 4; Physikalische Messmethoden für Chemiker, 2; Wissenschaftliche Photographie für Anfänger und Geübtere (für Studierende aller Fakultäten), 2. — **Wolf**: Spektralanalyse der Gestirne, 1 *g*; Elemente der Meteorologie, 1 *g*; Ferienkursus in den Osterferien: Praktische Übungen in Zeit- und Ortsbestimmungen auf Reisen. — **Valentiner**: Allgemeine Astronomie, 3; Methode der kleinsten Quadrate mit Anwendungen, 2; Praktische Übungen in astronomischen Beobachtungen und Berechnungen auf der Sternwarte, an einem näher zu bestimmenden Tage. — **H. Goldschmidt**: Elektrochemie, 2; Chemie der Pyridinderivate und der Alkaloide, 1. — **Bodenstein**: Beurlaubt. — **Cantor**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Arithmetik und Algebra (für Cameralisten), 3. — **Koenigsberger**: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der Linien und Flächen, 4; Mathematisches Unter- und Ober-Seminar, 2. — **Landsberg**: Funktionentheorie, 3; Theorie der Determinanten, 2.

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik (Magnetismus u. Elektricität), 5; Seminar, 1 *g*. — **Radaković**: Methoden u. Resultate der Ohmbestimmung, 2. — **Klemenčič**: Experimentalphysik (Akustik, Optik), 5; Übungen für Anfänger, 6; für Vorgeschrittene, täglich. — **Tollinger**: Liest nicht. — **Hammerl**: Liest nicht. — **Czermak**: Erdmagnetismus, 2; Meteorologische Optik, 2; Spektralanalyse (Fortsetzung), 1. — **Stolz**: Reelle Differential- und Integralrechnung, 4; Allgemeine Arithmetik II, 3. — **Wirtinger**: Analytische Geometrie des Raumes (Fortsetzung), 3; Zahlentheorie, 2; Seminar, 2 *g*.

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I, allgem. Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 6, b) für Mediziner, 2, c) für Chemiker, 4 (mit Straubel); Physikalische Spezialuntersuchungen. — **Auerbach**: Einführung in die theoret. Physik, 4; Physikalische Übungen, 14 tg., 1½ *g*. — **Straubel**: Dynamos, Motoren und Transformatoren, 2. — **Abbe**: wird nicht lesen. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2. — **Gaenge**: Gerichtliche Chemie, 1; Anwendung der Spektralanalyse, Mikroskopie und der Polarisationserscheinungen in der analyt. Chemie, 2; Praktische Übungen in den vorgenannten Fächern, 2. — **Duden**: Grundzüge der modernen Elektrochemie, 2. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit prakt. Übungen, 4; Störungstheorie, 2; Berechnung des scheinbaren Laufes der Himmelskörper, 2. — **Gutzmer**: Differentialrechnung, 4; Übungen zur Differentialrechnung, 1 *g*; Einleitung in die höhere Algebra, 4. — **Frege**: Analyt. Geometrie, 4; Mathemat. Übungen, 2 *g*; Unterredungen über mathemat. Grundbegriffe, 1. — **Thomae**: Elliptische Funktionen, 4; Projektive Geometrie, 4. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physik. Praktikum, 6; Elektricität und Licht, 1. — **Mie**: Anwendung der Differentialrechnung in der Physik, 2; Elektrische Schwingungen, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, 8; Exkursionen, 1 Nachm. — **Schultheiss**: Synoptische Meteorologie, 1. — **Meidinger**: Die älteren Anwendungen der Elektrotechnik, 2; Praktikum für Ventilationsanlagen mit Exkursionen, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 2; Konstruktionsübungen, 4; Elektrotechnischer Vortragscyklus (mit Schleiermacher und Teichmüller), 1; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6; II, 9. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektricitätslehre, 4; Thermochemie, 2. — **Teichmüller**: Theorie der Wechselströme, 3. — **Rosch**: Elektrische Bahnen, 1; Elektrische Hausinstallationen, 2. — **Brauer**: Festigkeitslehre, 5; Übungen dazu, 2; Hydraulik, 3; Mechanisches Laboratorium, 1; Übgn., 3. — **Hart**: Dampfmaschinenbau, 4; Maschinenkonstruktionen III, 8 und 6; IV, 8. — **Keller**: Maschinenelemente, 3; Maschinenkonstruktionen II, 8, 6 und 4; Maschinenzeichnen, 2; Hebemaschinen, 2. — **Lindner**: Allgemeine Maschinenlehre, 4; Werkzeugmaschinen, 2.

Mechanische Technologie, 2; Maschinenkunde für Chemiker, 2; Maschinenzeichnen für Chemiker, 2. — **Schell**: Synthetische Geometrie II, 3; Theoretische Mechanik II, 5; Behandlung von Problemen der theoret. Mechanik, 2. — **Schröder**: Differential- und Integralrechnung, 5; Übgn., 1; Allgem. Arithmetik, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie II, 4; Übgn., 4; Konstruktive Übgn. der Perspektive, 3. — **Wedekind**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Übgn., 1; Elemente der Mechanik, 5; Übgn., 1. — **Disteli**: Projektionslehre, 2; Übgn., 2; Elemente der höheren Mathematik (für Chemiker), 4. — **Schneider**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2; Übgn., 3.

Universität Kiel.

Weber: Thermodynamik, 3; Physikal. Technologie mit besond. Berücksichtig. des Eisenbahnwesens (für Juristen), 2; Leitung ausgewählter physikal. Messungen u. Untersuchungen, 20; Physikal. Colloquium gemeins., 2 *g*; Dioptrik d. Linsensysteme, 1 *g*. — **Lenard**: Experimentalphysik (Optik, Elektricität u. Magnetismus), 4; Prakt. Übgn. i. physikal. Institut, f. Anf. (zugl. f. Chemiker, Mediz., Pharmaz.), 7; Physikal. Untersuchungen Fortgeschrittener, 35; Besprechungen physik. Fragen, 1 *g*. — **Harzer**: Sphärische Astronomie, 3; Mechanik des Himmels, 1; Rechenübungen, 1 *g*. — **Kreutz**: Bestimmung der Bahnen von Doppelsternen, 2; Theorie d. Ring- u. Kreuzstabmikrometers, 1 *g*; Astronom. Übungen, 1 *g*. — **Pochhammer**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Seminar, 1 *g*. — **Stäckel**: Höhere Analysis, I. Teil, 4; Projektive Geometrie, 2; Partielle Differentialgleichungen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1.

Universität Königsberg.

Pape: Elektrolyse, 1 *g*; Experimentalphysik I: Allgemeine Physik und Wärmelehre, 5; Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Physikalisch-theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g*; Elasticitätstheorie, einschliesslich Akustik, 4; Physikalisch-praktische Übungen im mathematisch-physikalischen Laboratorium, 5. — **Struve**: Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, 2 *g*; Einleitung in die Himmelsmechanik, 3. — **Meyer**: Übungen im mathematischen Seminar, für Fortgeschrittenere, 1½ *g*; Einleitung in die höhere Geometrie, 4. — **Schönflies**: Differentialrechnung, 4; Übungen im mathematischen Seminar, für Fortgeschrittenere, 1½ *g*. — **Saalschütz**: Die Fourierschen Reihen, 2 *g*; Übungen zu der Vorlesung über Bernoullische Zahlen und Funktionen, 1 *g*; die Bernoullischen Funktionen, mit einer Einleitung über die Bernoullischen Zahlen, 3. — **Müller**: Übungen z. analytischen Geometrie der Ebene, 1 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 3; Graphische Statik, 2.

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I, 5; Selbständige physik. Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl., ganztäg.; Physikal. Praktikum; Physikal. Colloquium, 2 *g*. — **von Oettingen**: Spezielle Teile der Physik, 2. — **Wiedeburg**: Allgemeine Energielehre, 2; Kinetische Theorie der Aggregatzustände, 1; Theorie des Lichtes, 4. — **Ostwald**: Allgemeine und physikalische Chemie II, 4; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Physikalisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*; Anleitung zu Schulversuchen (gemeinsam mit Wagner), halbtägig. — **Le Blanc**: Beurlaubt. — **Knoblauch**: Einführung in die Differential- und Integralrechnung u. s. w., 2. — **Luther**: Photochemie und photograph. Chemie, 2; Physico-chemische Messmethoden, 2. — **Wagner**: Grundzüge der organ. Chemie, 2; Maassanalyse, 2; Anleitung zu Schulversuchen (gemeinschaftlich mit Ostwald), halbtägig; Über die Ausführung chemischer Versuche, unter besonderer Berücksichtigung der Schulversuche, 1 *g*. — **Bruns**: Theorie der astronom. Instrumente, 4; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen auf der Sternwarte (gemeinsam mit Peter), *g*. — **Peter**: Theoretische Astronomie, 4; Übungen auf der Sternwarte (m. Bruns), *g*. — **Scheibner**: Liest nicht. — **Neumann**: Theorie der krummen Flächen, 4; Mathemat. Seminar, 1 *g*. — **Engel**: Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4; Theorie der kontinuierl. Transformationsgruppen, 2; Analyt. Mechanik, 1; Mathemat. Seminar, 1 *g*. — **Hölder**: Elliptische Funktionen, 4; Variationsrechnung, 2; Mathemat. Seminar, 1 *g*. — **Hausdorff**: Einleitung in die höhere Analysis und Determinantentheorie, 4; Versicherungsmathematik in elementarer Behandlung, 3. — **Liebmann**: Ausgew. Kapitel der synthetischen Geometrie, 3; Graphische Statik, 1; Theorie der bestimmten Integrale, 2; **Kowalewski**: Analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Übungen zur analyt. Geometrie, 1 *g*; Über die Quadratur des Kreises, 2.

Universität Marburg.

Melde: Experimentalphysik, 1. Teil, Mechanik u. Optik, 5; Examinat. über Experimentalphysik, 1; Prakt.-physik. Übungen (mit Feussner), 12. — **Feussner**: Analyt. Mechanik, 4; Grundzüge d. Krystalloptik, 1; Physikal.-geogr. Übungen, 2; Prakt. Übungen und Exkursionen dazu, 3. — **Fittica**: Neuere Gesch. der Chemie, 1; Theoretische Chemie, 2. — **Schaum**: Repetit. d. anorgan. u. organ. Chemie, 2; Grundzüge d. Photochemie und Photographie, 2; Anl. zur Ausführung u. Berechnung physicochem. Messungen, 1; Physikal.-chem. Prakt., 3. — **Gadamer**: Chem. f. Pharmazeuten, 4. — **Schenck**: Elektrochemie, 2; Einf. in d. ersten Arbeiten im Laboratorium und in d. analyt. Chemie, 2. — **Schottky**: Lehre von der Krümmung der Linien und Flächen, 4; Abbildungstheorie, 3; Übgn. d. math. Sem., 2. — **E. Hess**: Differentialrechnung, 5; Grundl. d. neueren Geometrie, 2; Geodäsie und Ausgleichungsrechnung, 3; Übungen d. mathem. Sem., 2. — **von Dalwigk**: Bestimmte Integr., 3; Darst. Geometrie mit Übungen, 6.

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik, II. Teil; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium; Anleitung zu selbstständigen Arbeiten; physikalisches Colloquium. — **Graetz**: Einleitung in die theoretische Physik; physikalisches Praktikum; elektro-magnetische Lichttheorie. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen. — **Erk**: Meteorologie und Klimatologie; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Geographie (nur für Geübtere). — **Rothmund**: Physikalische Chemie. — **Seeliger**: Photometrie des Himmels, Übgn. auf der Sternwarte (m. Schwarzschild), *g*. — **Schwarzschild**: Nautische Astronomie. — **Groth**: Physikalische und chemische Krystallographie; praktische Übungen im Bestimmen der Mineralien; selbständ. Arbeiten. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik für Studierende aller Fakultäten. — **Bauer**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Übgn. dazu, 1; mathem. Seminar, 2 *g*. — **Lindemann**: Integralrechnung; Theorie der konformen Abbildung und der linearen Differentialgleichungen; über die Grundbegriffe der Geometrie; mathemat. Seminar (Auflösung höherer Gleichungen). — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie; bestimmte Integrale. — **Anding**: Höhere Geodäsie oder geometrische Theorie der Erdgestalt; Elemente der Astronomie. — **Ritter von Weber**: Gewöhnliche Differentialgleichungen; Planimetrie und Stereometrie. — **Korn**: Analytische Mechanik; ausgewählte Kapitel der Potentialtheorie. — **Göttler**: Allgemeine Theorie der algebraischen Kurven; Repetitorium und Übungen für das I. Examen; Methodik und Pädagogik des Mathematikunterrichtes an den Mittelschulen. **Döhlemann**: Darstellende Geometrie II (Axonometrie, Perspektive); Übgn. zur darstellenden Geometrie; geometrische Transformationen.

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II, 4; Physik. Praktikum, 8; wissenschaftliche Untersuchungen, 48. — **Fischer**: Einführung in die theoretische Physik, 2; Physikalische Demonstrationsversuche, 3. — **Emden**: Mechanik der Atmosphäre, 2; Lektüre und Erklärung klassischer Originalarbeiten aus dem Gebiete der Physik, 2. — **Voit**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Übgn., 2; Theorie der Elektricität und des Magnetismus, 2;

Elektrische Beleuchtung, 3; Elektrotechnisches Praktikum (m. Friese), 8; Angewandte Physik, 3; Übgn., 2. — **Edelmann**: Physikal. und elektrotechnische Übungen. — **Friese**: Elektrische Arbeitsübertragung, 2; Konstruktionslehre der Gleich- und Wechselstrommaschinen, 4; Entwerfen von Gleich- und Wechselstromkonstruktionen, 2. — **Heinke**: Ausgewählte Kapitel der Wechselstromtechnik, 2; Übgn., 1. — **Hofer**: Elektrometallurgie, 2; industrielle Elektrochemie, 1. — **Ultsch**: Konstruktionslehre der Maschinenteile II, 4; Entwerfen von Maschinenteilen II, 8; Konstruktionslehre der Arbeitsmaschinen II, 2; Entwerfen von Arbeitsmaschinen II, 6; Allgem. Maschinenlehre II, 4. — **v. Lossow**: Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, 8; Konstruktionslehre der Dampfmaschinen I, 6. — **Brückner**: Schnelllaufende Dampfmaschinen, 2. — **von Grove**: Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 4; Entwerfen von Eisenbahnmaschinen, 2. — **Schröter**: Theoretische Maschinenlehre, 4; Laboratorium für theoretische Maschinenlehre, 2. — **von Hoyer**: Mechanische Technologie, 5. — **von Braunmühl**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4; Übgn., 1. Neuere Methoden der analytischen Geometrie, 3; Übgn., 1; Mathem.-historisches Seminar, 1. — **Dyck**: Höhere Mathematik II, 4; Übgn., 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Differentialgleichungen, 4; Mathem. Seminar (mit Finsterwalder), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik II, 4; Übgn., 2; Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 3. — **Burmester**: Kinematik, 3; darstellende Geometrie, 4; Übgn., 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4; Übgn. II, 8; Hauptvermessungsübungen im Terrain; Katastermessungen, 3; Kartierungsübungen, 4. — **Hohenner**: Repetitorium über die Lehre von den geodätischen Messinstrumenten, 2. — **Anding**: Elemente der sphärischen Astronomie, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschliesslich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik I, 4; IV, 3; Maxwellsche Theorie der Elektricität, 3.

Akademie Münster.

Hittorf wird keine Vorlesungen halten. — **Ketteler**: Experimentalphysik, 1. Hälfte (Allgemeine Physik und Wärmelehre), 4; praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 9; Elemente der theoretischen Physik, III. (Theoretische Optik), *g*. — **von Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung, 1. Teil, 4; Analytische Mechanik, II., 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Killing**: Analytische Geometrie I, 3; Funktionentheorie, 4; Nicht-euklidische Geometrie, 3; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*; Übungen zur analytischen Geometrie, 1 *g*.

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik II, 5; Anleitung zu selbstständigen Untersuchungen, 48 *g*. — **Ritter von Geitler**: Physikalisches Praktikum, 6; elektromagnetische Schwingungen, 2. — **Jaumann**: Physikalische Chemie, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g*. — **Lippich**: Theoretische Mechanik II, 3; Theorie und Anwendung des Potentials, 2. — **Pick**: Differential- und Integralrechnung II, 3; Mathem. Seminar, *g*; Elemente der Variationsrechnung, 2. — **Weinek**: Theorie des Passagen-Instrumentes im Meridian und im ersten Vertikal, 3; Übung im astronom. Beobachten, 2; Über Mond- und Planetenvorübergänge vor der Sonne, 1 *g*. — **Spitaler**: Astronomisch-geographische Ortsbestimmungen (insbesondere für Forschungsreisende), 2. — **Ritter von Oppolzer**: Theorie der astronomischen Störungen, 1.

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik, I. Teil (Allgemeine Physik, Mechanik, Optik), 5; Physikal. Seminar und Colloquium, 2; Praktisch-physikalische Übungen für Mathematiker, Physiker, Mediziner, Chemiker und Pharmazeuten; Grosses physikal. Praktikum für Geübtere. — **Wachsmuth**: Elektromagnetische Lichttheorie, 3. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Anfängerpraktikum, 3; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3. — **Staude**: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der analyt. Funktionen, 4; Mathemat. Seminar, 2.

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik, I. Teil (Mechanik, Molekularphysik, Optik), 5; Physikal. Übungen, 10; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten; Physikalisches Colloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elektricität u. Magnetismus, 3; Seminar-Übungen, 1 *g*. — **Hergesell**: Grundzüge der Meteorologie, 2. — **Cantor**: Elektrochemie, 1. — **Weber**: Funktionentheorie, 4; Hydrodynamik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, (gemeinschaftlich mit Wellstein), 2 *g*; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Becker**: Geodäsie, 4; Seminaristische Übungen (Colloquium); Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte. — **Wislicenus**: Historische Einleitung in die Astronomie, 1; Dioptrik (Fernrohr und Mikroskop), 1; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. — **Kobold**: Theorie der Finsternisse, 2. — **Roth**: Differential- und Integralrechnung, 3; Übgn. dazu, 2 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 2. — **Krazer**: Bestimmte Integrale, 3; Graphische Statik, 2; Determinanten, 2; Übungen in der graphischen Statik, 1 *g*. — **Reye**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 2; Technische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Timerding**: Theorie der algebraischen Kurven, 2. — **Wellstein**: Algebraische Gleichungen, 3.

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik II, 4; Theoretische Physik I, 7; Physikalisches Praktikum I u. II. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie; Repetitorium der anorganischen Chemie. — **Dietrich**: Spezielle Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Messkunde, 2; Elektrotechnische Übungen. — **Rupp**: Elektrotechnische Litteratur, 1; Telegraphie und Telephonie, 4; Elektrotechnische Übungen. — **von Weyrauch**: Aërostatik und Aërodynamik, 2; Einleitung in die mathematische Theorie der Elasticität, 2. — **Ernst**: Hebezeuge, 3; Übgn., 6. — **Teichmann**: Wassermotoren, 6; Maschinenkonstruktionen, 8. — **Bantlin**: Dampfkessel, 3; Maschinenkonstruktionen, 10. — **Ensslin**: Berechnung flacher und gewölbter Wandungen. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt und Ingenieurlaboratorium; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Berg**: Maschinenzeichnen, Pumpen, 2; Maschinenkunde, 3; Übgn., 3. — **Zeman**: Allgemeine mechanische Technologie, 4; Übgn., 1; Werkzeugmaschinen, 3; Papierfabrikation, 3; Arbeiterschutz, 2. — **Bretschneider**: Niedere Mathematik, 1. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4; Übgn. 6; Reine Mechanik, 3; Übgn., 1; Mathematisches Seminar. — **Reuschle**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Übgn., 2; Analytische Geometrie der Ebene, 3; Übgn., 1; Mathematisches Seminar. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Part. Differentialgleichung, 1 *g*. — **Göller**: Perspektive. — **Haller**: Trigonometrie, 2; Markscheidekunst, 1; Übungen in praktischer Geometrie, 21. — **Roth**: Mathematische Geographie. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6; Übgn., 6. — **Hammer**: Mathematische Geographie, 2; Praktische Geometrie II, 4; Übgn. I, 4; II, 5. Ausgleichsrechnung, 2; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung, 1.

Universität Tübingen.

Oberbeck: Experimentalphysik (Mechanik, Optik), 5; Praktisch physikalische Übungen für Anfänger, 4; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, täglich. — **Waitz**: Theorie des Lichtes, 3; Übungen zur Theorie des Lichtes, 2; Populäre Astronomie, 2; Repetitorium der Experimentalphysik, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis, I. Teil, 3; Übungen hierzu, 1; Potentialtheorie, 2. — **Paul**: Physikalische Chemie, 2. — **v. Brill**: Analytische Mechanik, 5; Geschichte der Theorie der algebraischen Funktionen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Niedere Analysis, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Funktionen-Theorie, 3.

Universität Wien.

von Lang: Experimentalphysik, II. Teil, 5. — **Boltzmann**: Wärmelehre, 5; Unterseminar, *g*; Oberseminar, *g*, Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im physikal. Inst., *g*.

— **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 4; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene; Physikalisches Konversatorium, *g.* — **Jäger**: Optik, 3; Akustik, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektricität und Optik), 3; Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und Philosophie, 2. — **Tuma**: Übungen in der Ausführung physikalischer Vorlesungsexperimente (Akustik), 4. — **Lampa**: Repetitorium der Experimentalphysik, II. Teil, 2. — **Pernter**: Meteorologische Instrumentenkunde, verbunden mit Übungen an der k. k. meteorolog. Centralanstalt, 3. — **Trabert**: Die Stürme, 1. — **Benndorf**: Elektrochemie (Fortsetzung), 2. — **von Schweidler**: Elemente der Vektorenrechnung und ihrer Anwendung in der Potentialtheorie, 2. — **Mach**: Psychologie und Logik der Forschung, 3. — **Höfler**: Gymnasialpädagogik und Gymnasialreform, 3; Didaktik des physikalischen Unterrichtes, erläutert an einem experimentellen Lehrgange der Mechanik, 1. — **Schram**: Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Hillebrand**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3. — **Hartl**: Ausgewählte Kapitel der höheren Geodäsie und Übungen im Rechnen (Forts.), 3; Anleitung zu geodätischen und kartographischen Arbeiten auf Forschungsreisen (Forts.), 2. — **von Escherich**: Elemente der Differential- und Integralrechnung II (auch für Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker), 5; Übungen zu dieser Vorlesung, 2; Übungen im mathemat. Seminar, 2; Übungen im math. Proseminar, 1. — **Gegenbauer**: Algebra (Forts.), 4; Elemente der Invariantentheorie, 1; Mathematische Statistik, 3; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2. — **Mertens**: Über die Reziprocitätsgesetze unter den Resten und Nichtresten der Potenzen, deren Grad eine Primzahl ist (Fortsetzung), 5; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1. — **Kohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Übgn. in der analytischen Geometrie, 1 *g.* — **Sersawy**: Vorlesungen über Versicherungsmathematik (I. Theil: Zeitrenten, Versicherung einzelner Leben), 3; Vorlesungen über Versicherungsmathematik (II. Theil: Versicherung verbundener Leben, Invaliditätsversicherung), 4. — **Tauber**: Elemente der Perspektive, 2; Versicherungsmathematik (Fortsetzung), 4; Übungen aus der Versicherungsmathematik, 2 *g.* — **Zindler**: Elemente der Bewegungslehre (Kinematik), 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, II. Theil, 3. — **Zsygmondy**: Die Transcendenz der Zahlen e und π, 1. — **Daublebsky von Sterneck**: Elementare Zahlentheorie mit besonderer Berücksichtigung der additiven, 2.

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Physik für Chemiker, 2; Übungen dazu, 1. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Reithoffer**: Elektromotoren und elektrische Kraftübertragung, 2. — **Liznar**: Erdmagnetismus, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Wegscheider**: Einleitung in die theoretische und physikalische Chemie, 1. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Vortmann**: Elektrolyse, 2. — **v. Radinger**: Maschinenbau II, 5; Konstruktionsübungen, 15. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Maschinenzeichnen, 4. — **Mayer**: Konstruktionsübungen zur Baumechanik, 2; Statik der Hochbau-Konstruktionen, 2; Übungen dazu, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung etc., 3. — **Allé**: Mathematik I. Kurs, 5; Übungen, 2. — **Czuber**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4; Übungen, 2; Mathematik, II. Kurs, 5. — **Peschka**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4; Übungen, 10. — **Sobotka**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden Geometrie, 3. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik, 4; Übungen, 1; Analytische Mechanik, 2. — **Schell**: Praktische Geometrie, $7^1/_2$; Geodätische Übungen dazu; Situationszeichnen, 4. — **Tinter**: Höhere Geodäsie II, $4^1/_2$; Übungen, 5; Übungen im geodätischen Rechnen, $2^1/_2$. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik I, 3; II, 4.

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik II, 5; physikalische Übungen, 4 oder 10; Anleitung zum selbständigen Arbeiten, täglich; physikalisches Colloquium, 2 *g.* — **Selling**: Theorie des Potentiales mit Anwendung auf Elektricität und Magnetismus, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, Fehlerausgleichung und Versicherungswesen, 2. — **Prym**: Integralrechnung, 6; Im Unterseminar: Übungen zur Integralrechnung, 2 *g*; Im Oberseminar: Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g.* — **Voss**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Oberseminar: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2 *g.*

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Physik, 2; Praktikum für Anfänger, 4; Praktikum für Vorgerücktere, täglich. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 9; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. — **Stoll**: Physische Geographie I (Atmosphäre und Hydrosphäre), 2. — **Schall**: Organische Elektrochemie, 1. — **Burkhardt**: Algebr. Analysis, 4; Diff.- und Integralrechnung, 2; Funktionentheorie, 2; Mathem. Sem., 2 *g.* — **Weiler**: Analytische Geometrie, 2; Darstellende Geometrie, 4; Kart. projekt., 2. — **Kraft**: Höhere Analysis, 2; Analytische Geometrie, 2; Neuere synth. Geometrie I, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Gubler**: Zahlentheorie, 3; Mathematischer Unterricht in der Mittelschule, 2; Polit. Arithmetik, 2.

Technische Hochschule Zürich.

F. Weber: Physik, 4; Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Theorie des Wechselstroms, 2; wissenschaftliche Arbeiten im physik. Laboratorium, 8, 12 od. 24; elektrotechnisches Laboratorium, 8 od. 16. — **Pernet**: Physik I, 4; Repetitorium, 1; Experimentalphysik II, 2; physikalische Übungen, 4; Anleitung dazu, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 24. — **Lorenz**: Elektrochemisches Praktikum für Vorgerücktere, 15. — **Constam**: Physikalische Chemie II, 1; organische Elektrochemie, 1. — **Lorenz** und **Constam**: Anwendungen physikalischer Methoden der Chemie, 4; physikalisch-chemisches Vollpraktikum, täglich. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogr. Praktikum, 2; Photogrammetrie, 1; Mikrophotographie, 1. — **Wyssling**: Bau von Dynamomaschinen und elektrischen Centralanlagen, 4. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Telegraphie und Telephonie (Fortsetzung). — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3, Übungen im astronomischen Beobachten (in Gruppen), 3; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4; Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen, 4. Feuerungsanlagen, 2; Konstruktionsübungen, 2. — **Prášil**: Hydraul. Motoren und Pumpen, I. Teil, 2; Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen u. Demonstrat. i. Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, I. Teil, mit Repetitorium, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung des Laboratoriums, in Gruppen, jede, $^1/_2$ Tag. — **Fliegner**: Praktische Hydraulik, 2; Theoretische Maschinenlehre I (Einleitung), 2; Übungen (für obige Fächer), 2; Theoretische Maschinenlehre III (Lokomotiven), 3; Übungen, 2. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau, 4; Repetitorium in Gruppen, jede, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übungen i. d. kalor. Abt. d. Labor., i. Gruppen, jede, $^1/_2$ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I (Metallurgie), 4; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; mechanische Technologie III (Spinnerei u. Weberei), 3; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; Maschinenlehre, 4; Übungen, 4. — **Ritter**: Graphische Statik, II. Teil, 2; Übungen, 2; steinerne und hölzerne Brücken, 4; Übungen, 4; Repetitorium in obigen Fächern, in Gruppen, jede, 1. — **Decher**: Vermessungskunde, 5; Repetitorium, 1,

Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten am Schluss des Semesters, 2 Wochen. — **Beyel**: Kegelschnitte, 2; Schattenlehre, 1; Axonometrie, 1. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4; Zahlentheorie, 4. — **Hurwitz**: Integralrechnung, 4; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; Übungen, in Gruppen, jede, 2; ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2. — **Hirsch**: Theorie der bestimmten Integrale, 2. — **Geiser**: Infinitesimalgeometrie II, 4; Invariantentheorie, 2; Mathematisches Seminar (gemeinsam mit Minkowski), 2. — **Minkowski**: Elliptische Funktionen, 4; Anwendungen der analytischen Mechanik, 2; mathemat. Seminar (m. Geiser), 2. — **Herzog**: Mechanik, 1. Teil, 6; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; Übungen, in Gruppen, jede, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Fiedler**: Darstellende Geometrie, 2; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; Übungen, 4; Centralprojektion und Cyklographie, 2; analytische Geometrie der Lage, 2. — **J. Keller**: Repetition der darstellenden Geometrie (Axonometrie, Kegeldurchdringungen, Schraubenlinie etc.), 2; Projektivische Geometrie und deren Anwendung auf die Kegelschnitte, 2; Differential- und Integralrechnung, angewendet auf geometrische Probleme, 2; **Rebstein**: Ausgleichungsrechnung, 2; Repetitorium, in Gruppen, jede, 1; Übungen, in Gruppen, jede, 2; Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 2; die technischen Grundlagen der Kranken- und Unfallversicherung, 2. — **Franel**: Calcul intégral, 4; Répétition, 1; Exercices, 2. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 2; Répétition, 1; Exercices, 4.

Personalien.

In Wien ist am 24. März im Alter von 75 Jahren der Chemiker Dr. Josef Pohl, der von 1862 bis 1895 Professor an der dortigen technischen Hochschule war, gestorben.

Die Académie des Sciences zu Paris wählte den Professor der Physik Hittorf in Münster zum korrespondierenden Mitgliede.

Der ständige Mitarbeiter am königl. geodätischen Institut in Stuttgart, Dr. Galle, ist an der technischen Hochschule dortselbst bei der Abteilung für Bau-Ingenieurwesen als Privatdocent für das Lehrfach Landesvermessung zugelassen worden.

Tagesereignisse.

In der Sitzung des Finanzausschusses der bayerischen Kammer der Abgeordneten erklärte der Kultusminister Dr. v. Landmann, dass man wohl in 2 Jahren an die Errichtung einer zweiten bayerischen Technischen Hochschule mit dem Sitz in Nürnberg herantreten müsse.

Aufruf zur Errichtung eines Gedenksteines für den verstorbenen Professor Dr. H. Schäffer.

Am 3. Februar d. J. ist in Jena ein Mann aus dem Leben geschieden, auf den man das kühne Wort „Er hat nie einen Feind gehabt" unbedenklich anwenden kann: der Professor der Physik und Mathematik Hofrat Dr. Hermann Schäffer.

Jeder, dem es vergönnt war, ihm näher zu treten, war alsbald von Gefühlen dankbarer Verehrung für ihn beseelt. Und da diese Zeilen nur für Solche bestimmt sind, die ihn kannten, so erübrigt es, von seiner Opferfreudigkeit, seinem Lehreifer, seiner kindlich-reinen Seele, seinem liebenswürdigen Humor viele Worte zu machen. Denn wenn auch manche Erinnerung aus der schönen Studentenzeit längst verblasst ist — das Bild jener edlen Eigenschaften wird wohl jedem seiner einstigen Zuhörer rasch wieder lebendig beim Nennen des Namens Schäffer. Und ein Gleiches gilt von denen, die durch sein lebhaftes und thatkräftiges Interesse für das Thüringer Gewerbe mit ihm in Beziehung traten.

Wahren sich seine Familienangehörigen das Recht, seine Grabstätte in Weimar zu schmücken, so mag es seinen über alle Gaue des Reiches zerstreuten Schülern, Freunden und Anhängern unbenommen sein, auch ihrerseits für ein äusseres Zeichen ihrer Gesinnung Sorge zu tragen.

Indem die Unterzeichneten sich zur Verwirklichung dieses Gedankens erbieten, glauben sie im Sinne vieler zu handeln.

Es ist ein einfacher Denkstein mit dem Bildnis des Entschlafenen in Aussicht genommen, der sich da erheben soll, wo Schäffer am liebsten seine wohlverdienten Mussestunden, feiernd und doch wieder schaffend, zubrachte — auf den tannenduftigen Höhen des Thüringer Waldgebirges, etwa in der Nähe von Ilmenau. Umfang und Ausstattung müssen wir von der Höhe der einlaufenden Mittel abhängig machen.

Wir geben uns der Hoffnung hin, dass jeder, der Schäffer kennen gelernt hat, nicht nur etwas zu dem Denkstein beisteuert, sondern dies auch *gern* thun wird. Wir wenden uns daher an Sie, wie an alle „Worthalter", mit der Bitte um einen Beitrag, aber auch mit der weiteren Bitte, für möglichste Verbreitung, ja — falls Sie etwa eine passende Gelegenheit hierzu haben sollten — für Veröffentlichung dieses Aufrufes zu sorgen. Denn es ist für uns schwer, die nötigen Adressen lückenlos zu erhalten, und mancher würde sich durch unbeabsichtigte Übergehung verletzt fühlen.

Herr Dr. Henschel oder ein anderer der Unterzeichneten nimmt Beiträge entgegen und wir hoffen, dass die „physica pauperum" so reiche Früchte getragen hat, dass sie im Schmucke des Denksteins *nicht* zum Ausdruck kommt.

Dr. K. Rückoldt, Gymnasiallehrer; B. Hergt, Realgymnasiallehrer; Dr. A. Henschel, Gymnasiallehrer, Wörthstrasse 26; Dr. J. Hoffmann, Hofapotheker; Dr. P. Michael, Realgymnasiallehrer; sämtlich in Weimar. Dr. G. Compter, Realschuldirektor, Apolda; Dr. C. Hossfeld, Gymnasiallehrer, Eisenach.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 28. 14. April 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Diffusion von Ionen in Gasen.

Von John S. Townsend.

Die Principien der Theorie der Gasdiffusion lassen sich auf die Diffusion der Ionen[1]) in Gasen anwenden. Erzeugt man in einem Gase Ionen, so nimmt die daraus entspringende Leitfähigkeit allmählich ab, falls nicht stets Ionen neu gebildet werden. Falls nicht Neuerzeugung von Ionen stattfindet, so wird aus folgenden drei Ursachen eine Abnahme der Leitfähigkeit eintreten:

1. Die Ionen diffundieren durch das Gas hindurch und treten in Berührung mit den Wänden des Gasbehälters.

2. Zum Teil treffen die Ionen auf solche mit entgegengesetzter Ladung und verschwinden so als Ionen.

3. Die Ionen wandern längs der elektrischen Kraftlinien und kommen auf diese Weise in Berührung mit den Wandungen des Behälters.

Obwohl irgend eine dieser drei Ursachen überwiegen kann, lassen sich Anordnungen treffen, in welchen die letztgenannten beiden Effekte belanglos sind.

Um in einfacher Weise die angewandten Principien auseinander zu setzen, denken wir uns ein Gas mit Hülfe von Röntgenstrahlen leitend gemacht, und erwägen den Vorgang, der nach Wegnahme der Röntgenstrahlen eintritt. Dabei sei zunächst die Annahme gemacht, es befinde sich das Gas in einer Metallkugel, und der Einfluss der Wiedervereinigung von Ionen auf die Abnahme der Leitfähigkeit könne vernachlässigt werden.

Die Ionen mögen als besonderes Gas aufgefasst werden, dessen Molekeln grösser oder kleiner sein können als die Molekeln des Gases, in dem sie sich befinden. Trifft ein Ion auf die Oberfläche der Kugel und verliert es so seine Ladung, so ist das Metall als ein Körper zu betrachten, der die Ionen vollständig absorbiert. Die Verringerung der Leitfähigkeit infolge der Ionendiffusion gegen die Wände ist völlig analog zur Entfernung der Feuchtigkeit eines Gases, das man durch Schwefelsäure perlen lässt. Je rascher der Wasserdampf durch das Gas diffundiert, um so mehr Wassermolekeln treten in Berührung mit der Schwefelsäure, welche die Blase umgiebt. Ist auf experimentellem Wege die Feuchtigkeitsmenge ermittelt, welche so dem Gase entzogen wird, so lässt sich der Koefficient der Diffusion von Wasserdampf in dem Gase berechnen. (J. S. Townsend, Phil. Mag. Juni 1898.) Um den Koefficienten der Diffusion der Ionen in einem Gase zu ermitteln, welches in einem grossen Behälter sich befindet, ist diese Methode nicht verwendbar, weil die Abnahme der Leitfähigkeit infolge von Wiedervereinigungen hier wahrscheinlich bedeutender ist als die Abnahme infolge der Diffusion nach den Wänden zu.

Die angewandte Methode war folgende: es wurde ein gleichmässiger Gasstrom durch eine enge Metallröhre geleitet, und das Gas unmittelbar vor dem Eintritt in die Röhre bestrahlt. Die Röhrenöffnung lässt sich so auswählen, dass die Zahl der an die Wand gelangenden Ionen gross ist gegenüber der Zahl der zur Wiedervereinigung kommenden Ionen. Die Länge der Röhre wird am besten so bemessen, dass die Leitfähigkeit auf die Hälfte des Anfangswertes sinkt.

Die Bestimmung des Diffusionskoefficienten aus der experimentell ermittelten Abnahme der Leitfähigkeit führt zu folgender Aufgabe: Ein Gas A ist in geringer Menge mit einem anderen Gase B vermengt und das Gemisch streicht durch eine Röhre, deren Wandung das Gas A vollständig absorbiert; welcher Bruchteil von A tritt aus der Röhre aus?

1) Anm. des Übersetzers: Unter Ion ist im folgenden zunächst ganz allgemein die geringste mit freier Ladung behaftete Masse eines Gases verstanden, ohne dass diese Menge speciell als eine Molekel oder Atom gedacht ist.

Es ist ohne weiteres klar, dass im Falle rascher Diffusion ein grosser Teil der Gasmolekeln A mit der Rohrwand in Berührung kommt und dort absorbiert wird; bei sehr langsamer Diffusion werden die Gasteilchen A in Geraden parallel zur Rohrachse durch die Röhre wandern, ohne dass eines auf die Wandung stösst.

Die vollständige Lösung der Aufgabe ist in folgenden Gleichungen gegeben:

$$\frac{1}{k} \cdot p \cdot u = -\frac{dp}{dx} + n X \cdot e$$
$$\frac{1}{k} \cdot p \cdot v = -\frac{dp}{dy} + n Y \cdot e$$
$$\frac{1}{k} \cdot p \cdot w = -\frac{dp}{dz} + n \cdot Z \cdot e + \frac{1}{k} \cdot p \cdot W,$$

wozu die Kontinuitätsgleichung tritt:

$$\frac{d}{dx}(p \cdot u) + \frac{d}{dy}(p \cdot v) + \frac{d}{dz}(p \cdot w) = 0,$$

wo n die Anzahl der Ionen pro Kubikcentimeter; p ihr Partialdruck; e die Ladung eines Ions; X, Y, Z die elektrische Feldintensität in einem beliebigen Punkt; u, v und w die Geschwindigkeiten der Ionen sind; W ist die Geschwindigkeit, mit der das Gas B durch die Röhre strömt; k der Koefficient der Diffusion der Ionen in das Gas B.

Der partielle Differentialquotient nach der Zeit fällt in der Kontinuitätsgleichung weg, da der Vorgang stationär stattfindet.

Das Glied mit $\frac{dp}{dz}$ in der dritten Gleichung kann fortgelassen werden, da es gegen die übrigen verschwindet.

$$W = \frac{2V}{a^2}(a^2 - r^2),$$

wo V die mittlere Geschwindigkeit des Gases B ist und definiert sei dadurch, dass $\pi a^2 \cdot V \cdot t =$ Gesamtvolumen des in der Zeit t den Querschnitt passierenden Gases, a ist der Radius der Röhre und r der Normalabstand irgend eines Punktes von der Achse.

Da äussere Kräfte fehlen und die Ionisierung durch Röntgenstrahlen positive und negative Ionen in ungefähr gleicher Anzahl liefert, so tritt infolge elektrischer Einflüsse keinerlei beträchtliche Bewegung ein und es ist $X = Y = Z = 0$.

Die Grenzbedingungen sind:

$$p = 0 \quad \text{für } r = a$$
$$p = \text{const. für } z = 0,$$

da beim Eintritt des Gemisches in die Röhre Gas A in B gleichmässig verteilt ist.

Die Lösung erfordert längere Rechnung, bezüglich deren genaueren Durchführung auf die Arbeit des Verfassers über: „The diffusion of ions into gases", Phil. Transact. of the Royal Soc. of Lond., vol. 193, S. 129—158, 1899 verwiesen werden muss.

Das Resultat wird: R, das Verhältnis der Anzahl der Ionen (oder Molekeln des Gases A), welche mit B aus der Röhre austreten zur Anzahl, welche eintreten, ist:

$$R = 4\left[0.1952 \cdot e^{-\frac{7.313\, k \cdot z}{2a^2 \cdot V}} + 0.0243 \cdot e^{-\frac{44.5\, k \cdot z}{2a^2 \cdot V}} + \ldots\right],$$

wo z die Länge der Röhre bedeutet. Die weiteren Glieder der Reihe können vernachlässigt werden.

Versuche mit Röhren von verschiedener Länge ergaben aus der beobachteten Abnahme der Leitfähigkeit für die Diffusionskoefficienten in Luft, Sauerstoff, Kohlendioxyd und Wasserstoff folgende Werte:

Tabelle der Diffusionskoefficienten der Ionen in trockenen Gasen.

Gas	k für + Ionen	k für — Ionen	Mittelwert für k	Verhältnis d. Werte für k
Luft	0.0274	0.042	0.0347	1.54
O_2	0.025	0.0396	0.0323	1.58
CO_2	0.023	0.026	0.0245	1.13
H_2	0.123	0.190	0.156	1.54

Tabelle der Diffussionskoefficienten der Ionen in feuchten Gasen.

Gas	k für + Ionen	k für — Ionen	Mittelwert für k	Verhältnis d. Werte für k
Luft	0.032	0.035	0.0335	1.09
O_2	0.0288	0.0358	0.0323	1.24
CO_2	0.0245	0.0255	0.025	1.04
H_2	0.128	0.142	0.135	1.11

Diese Zahlen gelten für Ionen, welche durch die Wirkung von Röntgenstrahlen entstehen.

Die atomistische Ladung.

Aus der Bewegungsgleichung:

$$\frac{1}{k} \cdot p \cdot u = -\frac{dp}{dx} + n X \cdot e$$

folgt, dass, wenn $\frac{dp}{dx} = 0$, die Geschwindigkeit u, welche der elektrischen Feldstärke X entspricht,

$$u = \frac{n \cdot X \cdot k}{p} \text{ ist.}$$

Für das Potentialgefälle von einem Volt pro Centimeter wird $X = \frac{1}{300}$ elektrostatische Einheiten und der entsprechende Wert von u

$$u_1 = \frac{k \cdot e}{300} \times \frac{n}{p}.$$

Sei N die Anzahl der Molekeln eines Gases in einem Kubikcentimeter bei einem Drucke P gleich dem Atmosphärendruck und der Temperatur 15^0 C., für welche u_1 und k bestimmt wurden, so kann der Quotient $\frac{N}{P}$ für $\frac{n}{p}$ in den obigen Gleichungen eingesetzt werden, und da der Atmosphärendruck $P = 10^6$ C. G. S.-Einheiten ist, so ergiebt sich:

$$N \cdot e = \frac{3 \times 10^8 \cdot U_1}{k},$$

und für die verschiedenen Gase erhält man:

Luft	$N \cdot e_A = 1.35 \times 10^{10}$
Sauerstoff	$N \cdot e_O = 1.25 \times 10^{10}$
Kohlendioxyd	$N \cdot e_C = 1.30 \times 10^{10}$
Wasserstoff	$N \cdot e_H = 1.00 \times 10^{10}$,

wenn für u_1 die Werte genommen werden, welche für die mittleren Geschwindigkeiten von Professor Rutherford ermittelt wurden,[1]) und für k jene Werte, welche im Mittel für trockene Gase berechnet sind.

Nach den elektrolytischen Experimenten scheidet die elektromagnetische Einheit der Elektricitätsmenge im Elektrolyten 1.23 ccm Wasserstoff von 15^0 C. und 10^6 C. G. S.-Einheiten Druck aus. Die Anzahl der in diesem Volumen enthaltenen Atome ist $2.46 \cdot N$, so dass, wenn E die Ladung an einem Atom Wasserstoff in einem flüssigen Elektrolyten bezeichnet,

$2.46 \cdot N \cdot E = 1$ elektromagn. Einh. $= 3 \times 10^{10}$ elektrostat. Einh. der Elektricitätsmenge,

woraus $N \cdot E = 1.22 \times 10^{10}$ in elektrostatischen Einheiten.

Da nun N dieselbe Zahl ist, so schliessen wir, dass die Ladungen an den Ionen, welche durch Röntgenstrahlen in Luft, Sauerstoff, Kohlendioxyd und Wasserstoff erzeugt werden, alle dieselben sind und gleich der Ladung am Wasserstoffion in einem flüssigen Elektrolyten.

Professor J. J. Thomson zeigte, dass die Ladung an den Ionen in röntgenisiertem Wasserstoff und Sauerstoff gleich 6×10^{-10} elektrostatischen Einheiten und für beide Gase gleich ist.

Unter Zugrundelegung dieses Wertes der Ladung erhalten wir für die Anzahl der Molekeln eines Gases in einem Kubikcentimeter unter genannten Verhältnissen

$$N = 2 \times 10^{19},$$

und hieraus würde sich die Masse eines Molekules Wasserstoff zu

$$\frac{\varrho}{N} = 4.5 \times 10^{-24} \text{ g} \quad \text{berechnen.}$$

Wie oben gezeigt, ist die Ladung an einem durch Röntgenstrahlen erzeugten Ion gleich der Ladung an einem Wasserstoffion in einem flüssigen Elektrolyten und somit beträgt letztere Ladung 6×10^{-10} elektrostatische Einheiten.

Wenn auch der Wert $N \cdot e$ für Wasserstoff um 25 % kleiner ist als für andere Gase, so sind wir doch berechtigt, Wasserstoff in unseren allgemeinen Schluss einzubegreifen, nachdem wahrscheinlich der Wert für u_1 für Wasserstoff zu klein ist. Rutherford erwähnt nicht, ob er die Anwesenheit von Luft in seinem Apparate berücksichtigt hat, und ob er vollständig trockenen Wasserstoff verwendete. Mit Benutzung des Mittelwertes von k für feuchten Wasserstoff ergiebt sich

$$N \cdot e_H = 1.15 \times 10^{10}.$$

Wenn die Ladung am positiven Ion gleich jener am negativen ist, so muss das Verhältnis der Diffusionskoefficienten gleich jenem der Geschwindigkeiten sein. Professor Zeleny[1]) fand, dass die negativen Ionen unter Einwirkung einer elektromotorischen Kraft rascher wandern als die positiven, und ermittelte das Verhältnis der Geschwindigkeiten zu 1,24 für Luft und Sauerstoff, 1,15 für Wasserstoff, 1,0 für Kohlendioxyd.

Die Diffusionsversuche ergaben für trockene Gase ein grösseres Verhältnis als für feuchte. Nachdem aber der Einfluss der Feuchtigkeit von Zeleny noch nicht genauer untersucht ist, so dürfen wir keine zu grosse Übereinstimmung zwischen unseren Zahlen mit jenen Zelenys erwarten.

Die Versuche, aus welchen wir die Diffusionskoefficienten ableiteten, sind ausführlich in der Abhandlung der Phil. Trans. vol. 193. 1899 beschrieben. Es erwies sich als notwendig, wegen der Wiedervereinigung von Ionen, welche sich störend bemerkbar machte, Korrektionen anzubringen.

Kürzlich benützte ich einen Apparat, in welchem die Abnahme der Leitfähigkeit infolge der Diffusion sehr erheblich ist gegenüber der Abnahme infolge von Wiedervereinigung oder der Abstossung, welche die Ladungen im Gase hervorrufen, wenn Ionen gleichen Vorzeichens untersucht wurden. Mit dem neuen Apparat untersuchte ich die Diffusion der negativen Ionen, welche durch ultraviolettes Licht hervorgerufen werden, ferner die positiven und negativen Ionen, welche die Spitzenentladung liefert, und welche mit radioaktiven Substanzen (bezogen von E. de Haen) erzeugt werden.

1) E. Rutherford, Phil. Mag., November 1897.

1) Zeleny, Phil. Mag., Juli 1898.

Die Diffusionsgeschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen, welche mittelst dieser Methoden erzeugt werden können, sind fast identisch mit jenen, die durch Röntgenstrahlen hervorrufbar sind. Nur die Spitzenentladung in trockener Luft ergab Unterschiede. In diesem Falle diffundieren die Ionen etwas langsamer als die in trockener Luft mittelst der anderen Methoden erhaltenen.

In gleicher Weise, wie oben, lassen sich die Werte für $N \cdot e$ in den verschiedenen Fällen berechnen, nämlich aus den Diffusionskoefficienten und den Geschwindigkeiten, mit welchen sich die Ionen unter Einwirkung elektromotorischer Kräfte bewegen. Diese Geschwindigkeiten sind von Professor Chattock (Phil. Mag. November 1899) bestimmt worden für die durch Spitzenentladung hervorgebrachten Ionen und von Professor Rutherford (Cambridge Philos. Soc. vol. IX. Pt. VIII) für die mittelst ultravioletten Lichtes erzeugten negativen Ionen. Es sind noch keine Versuche über die mit radioaktiven Substanzen erzeugten Ionen angestellt worden; wir nehmen aber einstweilen an, sie wären dieselben wie die Geschwindigkeiten der Ionen eines röntgenisierten Gases.

Die Werte des Produktes $N \cdot e$, die sich auf diese Weise ergeben, sind gleich in allen diesen Fällen und zwar $= 1.2 \times 10^{10}$.

Wir schliessen daraus, dass die positiven und negativen Ionen unabhängig von der Erzeugungsweise stets dieselbe Ladung tragen, gleichviel ob sie in feuchtem oder trockenem Gase gewonnen wurden. Dieser allgemein gezogene Schluss könnte nur vielleicht unrichtig sein, wenn die Ionen durch Spitzenentladung in trockener Luft entstanden sind. Es müssten erst Versuche über die Geschwindigkeiten der Ionen in völlig trockener Luft angestellt werden, um Aufschluss zu geben, ob nicht etwa in diesem Falle einige Ionen mit einer Doppelladung behaftet sind.

Es erscheint somit sehr wahrscheinlich, dass die Elektricität in Gasen atomistisch auftritt, nachdem Ionen in Gasen die nämliche Ladung tragen wie die Wasserstoffionen in der Elektrolyse.

Cambridge, 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 21. März 1900.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Amsterdam (Direktor J. D. van der Waals); mitgeteilt von P. Zeeman.

No. 3. E. H. J. Cunaeus, Die Bestimmung des Brechungsvermögens als Methode für die Untersuchung der Zusammensetzung der koëxistierenden Phasen bei Mischungen von Aceton und Äther.

Zweck der Arbeit war die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der Zusammensetzung des Dampfes einer Mischung zweier Flüssigkeiten und derjenigen der Mischung bei Veränderung des äusseren Druckes. Das Lichtbrechungsvermögen des Dampfes kann zur Bestimmung der Zusammensetzung benutzt werden. Von Ramsay und Travers wurde bei Benutzung einer von Rayleigh angegebenen Interferentialmethode gezeigt, dass mit grosser Annäherung das Brechungsvermögen eines Gasgemisches sich aus demjenigen der Komponenten und aus der Zusammensetzung berechnen lässt. Messungen mit Kohlensäure und Wasserstoff zeigen, dass dies auch hier zutrifft, wenn man die Abweichungen vom Boyleschen Gesetz berücksichtigt. Die Differenz der wirklichen Zusammensetzung und der aus dem Brechungsvermögen berechneten beträgt höchstens eine Einheit der zweiten Decimale. Diese Methode ist bei verschiedenen Drucken, auf die Dampfphase bei Mischungen von Aceton und Äthyläther angewendet. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Hierin bedeuten x_v und x_d, die molekulare Zusammensetzung der Flüssigkeit bezw. des Dampfes.

Tabelle:

Brechungsvermögen	x_v	x_d	p in mm
3.7788	0	0	69.6
4.4956	0.156	0.446	110.5
4.7709	0.364	0.617	142.4
4.8552	0.510	0.670	159
4.9497	0.617	0.728	166.8
5.1636	0.835	0.861	181.2
5.3869	1.	1.	285.6

Die Zusammensetzung der Flüssigkeiten wurde durch Wägung bestimmt, mit Rücksichtnahme auf die im Dampfe anwesenden Quantitäten der Stoffe.

Aus der Tabelle geht hervor, dass kein Maximum oder Minimum des Druckes besteht. Die Dampfspannungskurve hat einen Beugungspunkt bei $x = 0.65$. Es kann die Zusammensetzung des Dampfes auch berechnet werden mittels der von van der Waals gegebenen Formel

$$\frac{1}{p} \cdot \frac{dp}{dx_v} = \frac{x_d - x_v}{x_v(1 - x_v)}$$

(siehe Archiv. Néerl. **24**, S. 44). Auch diese Kurve hat einen Beugungspunkt. Die Über-

einstimmung der Beobachtungen mit dieser Formel, die übrigens nur für Werte des x_a in der Nähe von 0 oder 1 streng giltig ist, ist nicht sehr gut. Weitere Betrachtungen über die Ursachen der Differenzen zwischen Beobachtung und Theorie, sowie über eine andere Formel von van der Waals, welche auch für von 0 und 1 sehr verschiedene x_a giltig sein muss, werden in der bald erscheinenden Dissertation mitgeteilt.

(Eingegangen 24. März 1900.)

Thermographie.

Von R. E. Liesegang.

Rührt man gleiche Teile Hydrochinon und wasserfreies kohlensaures Natron mit einer geringen Menge Alkohol an, sodass das Pulver eben nur befeuchtet und streichfähig wird, so wird dasselbe nach einigen Minuten intensiv dunkelblau.

Dieser blaue Körper besitzt eine bemerkenswerte Empfindlichkeit gegen strahlende Wärme: Verstreicht man die oben angegebene Mischung auf einem Blatt dünnen Briefpapiers und wischt alles weg, was nicht in das Papier eingedrungen ist, so bildet sich der blaue Körper auf der Papierfaser. Setzt man dieses Papier der Strahlung eines Gasofens aus, so tritt innerhalb 5 Sekunden eine vollkommene Bleichung des blauen Körpers ein. Aufgelegte Münzen u. s. w. bilden in dieser Zeit ihren Schatten ab. Die Entstehung solcher Bilder wird nur um wenige Sekunden verzögert, wenn man das empfindliche Präparat in schwarzes Papier einschlägt. — Es ist mir kein Körper bekannt, welcher durch Licht eine solch rasche und starke Farbenveränderung erfährt.

Bei der normalen Oxydation des alkalischen Hydrochinons durch den Luftsauerstoff tritt eine tiefe Braunfärbung auf. Der blaue Körper scheint eine Zwischenstufe der Oxydation zu sein. Durch Befeuchten mit Alkohol oder Wasser wird er sofort vollständig zerstört und er erscheint beim Trockenwerden nicht wieder. Äther lässt ihn unverändert. Das wärmeempfindliche Papier ist nur wenige Tage haltbar.

Düsseldorf, März 1900.

(Eingegangen 31. März 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf dynamische Systeme.[1])

Von Ernst Zermelo.

Auf verschiedenen Gebieten der mathematischen Physik, insbesondere in der kinetischen Gastheorie, entsteht das Problem, die Bewegung solcher mechanischen Systeme zu untersuchen, welche eine zwar endliche, aber sehr grosse Anzahl von Freiheitsgraden besitzen und dementsprechend einer komplicierten, turbulenten Bewegung unterworfen sind. In einem solchen Systeme gemäss den bekannten Principien der Mechanik die Bewegung eines jeden Punktes vollständig zu beschreiben, wäre zwar wünschenswert als eine durchaus sichere Grundlage für alle weiteren Betrachtungen, ist aber fast immer unausführbar und für den vorliegenden Zweck meist auch unnötig, weil sich diese individuelle Bewegung der Beobachtung ebenso entzieht wie der Rechnung und nur der allgemeine, durchschnittliche Grundcharakter des Vorganges eine anschauliche physikalische Bedeutung besitzt. Man wird sich also auf die Betrachtung gewisser Durchschnittsgrössen beschränken, welche physikalisch messbaren Zuständen entsprechen, wie z. B. die mittlere lebendige Kraft in der Gastheorie der Temperatur; man wird aber auch diese Durchschnittswerte nicht genau als Funktionen der Zeit bestimmen können, weil uns der wahre, die ganze Bewegung bestimmende Anfangszustand des mechanischen Systemes, gegeben durch die sämtlichen Koordinaten und Geschwindigkeiten, nicht vollständig bekannt ist, sondern eben nur die anfänglichen Durchschnittswerte, welche, streng genommen, auch zur Bestimmung des sichtbaren Vorganges nicht ausreichen. Vielmehr wird man sich auch hier mit Annäherungen und Wahrscheinlichkeiten begnügen müssen, und als praktisch gewiss wird man schon solche Veränderungen betrachten dürfen, deren Wahrscheinlichkeit bei gewissen, durch die Natur des Systemes nahe gelegten Grenzübergängen, in der Gastheorie z. B. bei unbegrenzt wachsender Anzahl der Moleküle, nach

1) Göttinger Habilitationsvorlesung, gehalten am 4. März 1899.

1 konvergiert. Wie soll man aber diese Wahrscheinlichkeiten, diese Mittelwerte definieren, wie soll man mit ihnen operieren, um wenigstens im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu mathematisch zuverlässigen Ergebnissen zu gelangen? Hier hat man sich in verschiedener Weise zu helfen gesucht, man hat (wie z. B. Helmholtz) die turbulente Bewegung als eine cyklische aufgefasst, man hat das wirkliche kinetische Potential durch vereinfachte Ausdrücke ersetzt (wie J. J. Thomson), die nur von den physikalischen Durchschnittswerten abhängen, oder man ist auch von der Annahme, dass die Bewegung der Moleküle eine „ungeordnete" sei, ausgegangen (wie Boltzmann). Aber alle solche Auskunftsmittel, so plausibel sie auch scheinen, so förderlich sie sich auch für den gerade vorliegenden Zweck erweisen mögen, scheinen mir doch einem prinzipiellen Bedenken zu unterliegen: es werden hier Hypothesen zu Grunde gelegt, die sich auf den ganzen Verlauf der Bewegung beziehen sollen, während doch die verschiedenen Phasen derselben nicht von einander unabhängig sind, sondern durch die Gesetze der Mechanik (in uns freilich noch unbekannter Weise) notwendig zusammenhängen, sodass die Frage berechtigt scheint, ob denn eine Annahme, die für einen gegebenen Zeitpunkt im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung zulässig sein mag, es auch für spätere Zeiten bleiben werde oder ob nicht vielmehr das System vermöge seiner eigenen Konstitution mit Notwendigkeit anderen Zuständen zustreben werde, in denen diese Voraussetzung nicht mehr erfüllt ist? In der That scheinen mir auch gewisse Widersprüche, die sich bei manchen gastheoretischen Betrachtungen ergeben, der Nichtbeachtung solcher Bedenken zuzuschreiben zu sein.

Um also eine zuverlässigere Grundlage für die Behandlung solcher Probleme zu gewinnen, scheint mir die Forderung unabweisbar, eine bestimmte Definition der Wahrscheinlichkeit an die Spitze zu stellen, die, wenn auch in gewissem Grade willkürlich, doch im Verlaufe der Untersuchung nicht mehr geändert oder durch neue Annahmen ergänzt werden darf, und man wird ferner unbedingt festhalten müssen an dem Laplaceschen Wahrscheinlichkeitssatze, nach welchem zwei notwendig wie Ursache und Wirkung mit einander verbundene Ereignisse a und b, sodass das Eintreten des einen von ihnen das des anderen bedingt, auch immer gleich wahrscheinlich sein müssen. Diesen Anforderungen werden wir genügen, wenn wir die Wahrscheinlichkeit irgend eines dynamischen Zustandes, welcher bei der Bewegung unseres Systemes zu irgend einer Zeit t eintreten soll, definieren durch die Wahrscheinlichkeit desjenigen Anfangszustandes zu einer Zeit $t=0$, aus dem der betrachtete selbst hervorgegangen sein muss.

Nehmen wir an, dass auf unser System ausschliesslich Potentialkräfte wirken, welche allein von der augenblicklichen Konfiguration, d. h. von der Lage der Punkte, abhängen sollen, so ist der Bewegungszustand zu einer gegebenen Zeit t und damit auch die ganze Bewegung vollständig bestimmt durch das System aller Koordinaten $q_1, q_2, \ldots q_n$ und der zugehörigen Bewegungsmomente (oder Impulskoordinaten) $p_1, p_2, \ldots p_n$, die wir alle zusammen abgekürzt durch (q, p) bezeichnen wollen. Ebenso ist der Anfangszustand zur Zeit $t=0$ bestimmt durch das System der entsprechenden Grössen q_λ und p_λ oder abgekürzt durch (q, p), während die Bewegungsgleichungen sich unter der gemachten Voraussetzung in der Hamiltonschen Form schreiben lassen:

$$(1) \quad \frac{dq_\lambda}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_\lambda}, \quad \frac{dp_\lambda}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q_\lambda} \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n).$$

Wird nun nach der „Wahrscheinlichkeit" eines Anfangszustandes $(q\, p)$ gefragt, so kann dies wie immer bei „geometrischen Wahrscheinlichkeiten" nur in folgendem Sinne verstanden werden. Wir suchen die Wahrscheinlichkeit dafür, dass unser Anfangszustand in gegebenen Grenzen liegt, d. h. einem vorgeschriebenen „Gebiete" g_0 von „möglichen Anfangszuständen" angehört, welche einem Systeme von Ungleichungen genügen

$$(2) \quad g_\mu(q_1, q_2, \cdots q_n; p_1, p_2, \cdots p_n) \equiv g_\mu(q, p) < 0.$$

Diese „Wahrscheinlichkeit für das Gebiet g_0" werden wir nun, da alle Anfangszustände als von einander unabhängig anzusehen sind, zweckmässigerweise, wenn auch nicht ganz ohne Willkür, proportional setzen dem über den Bereich g_0 erstreckten $2n$-fachen Integrale

$$\gamma_0 = \int^{(g_0)} dq_1 \cdots dq_n\, dp_1 \cdots dp_n \equiv \int^{(g_0)} dq\, dp,$$

das wir als „die Ausdehnung des Gebietes g_0" bezeichnen wollen, und den absoluten Wert der Wahrscheinlichkeit erhalten wir dann durch Division in die Ausdehnung Γ_0 des Bereiches G_0 aller überhaupt in Betracht kommenden Anfangszustände, indem wir es als gewiss ansehen, dass unser Zustand (q, p) dem Gebiete G_0 angehöre. Nun entspricht aber jedem Anfangszustande (q, p) zur Zeit $t=0$ eine ganze Bewegung, also auch ein ganz bestimmter Zustand $(q, p)_t$ zu einer beliebig vorgeschriebenen Zeit t und somit der Gesamtheit aller Anfangszustände von g_0 ebenfalls eine Gesamtheit von Zuständen $(q, p)_t$, welche wieder ein kontinuierliches Gebiet g_t erfüllen werden, von dem

wir sagen wollen, dass es „in der Zeit t aus dem Gebiete g_0 hervorgehe", und auch die „Ausdehnung" γ_t dieses Gebietes g_t wird sich als 2n-faches Integral bestimmen lassen. In dem hier betrachteten Falle nun, wo die Bewegungsgleichungen sich in der Form (1) schreiben lassen, gilt der Satz von Liouville, dass die Ausdehnung des Gebietes g_t der Ausdehnung des entsprechenden Gebietes g_o gleich, mithin von der Zeit t unabhängig ist:

$$(3) \qquad \gamma_t = \int^{(g_t)} dq\, dp = \int^{(g_o)} dq\, dp = \gamma_o \, .$$

Ebenso entspricht auch dem Bereiche G_o zur Zeit t wieder ein Bereich G_t von der gleichen Ausdehnung $\Gamma_t = \Gamma_o$. Durch den Bruch

$$w_g = \frac{\gamma_o}{\Gamma_o} = \frac{\gamma_t}{\Gamma_t}$$

soll aber die Wahrscheinlichkeit gemessen werden, dass unser Anfangszustand (q, p) dem Gebiete g_o angehöre, und nach unserem oben aufgestellten Reduktionsprinzipe zugleich auch die Wahrscheinlichkeit dafür, dass der spätere Zustand $(q, p)_t$ dem Gebiete g_t angehöre, denn beide Ereignisse sind notwendig mit einander verbunden. Diese Wahrscheinlichkeit ist also durch die Gebiete g_t und G_t allein bestimmt, gerade als ob wir es nur mit einem Anfangszustande zu thun hätten, und von der Zeit selbst gänzlich unabhängig, sodass wir den Satz haben:

Satz I. Die Wahrscheinlichkeit für eine gegebene Begrenzung eines Bewegungszustandes ist von der Zeit unabhängig, d. h. stets dieselbe, ob der betrachtete Zustand im Anfange oder in irgend einer anderen Phase der Bewegung eintreten soll.

Den Bereich G_o aller „möglichen" Anfangszustände, auf den wir unsere Betrachtung beschränken, dessen Wahrscheinlichkeit wir $= 1$ annehmen wollen, wählen wir zweckmässig so, dass er bei der Bewegung unseres Systemes stets in sich selbst übergeht, d. h. mit allen seinen späteren Phasen G_t identisch ist. Ein solches Gebiet $G_o = G_t$, das wir als ein „invariantes Gebiet" bezeichnen wollen, wird immer begrenzt durch Integrale der Bewegungsgleichungen (1), d. h. durch Gleichungen $G(q, p) = \text{const.}$, welche der Bedingung genügen:

$$(4) \quad \frac{dG}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial G}{\partial q} \frac{\partial H}{\partial p} - \frac{\partial G}{\partial p_i} \frac{\partial H}{\partial q} \right) \equiv (G, H) = 0 \, .$$

So wird z. B. durch das „Integral der lebendigen Kraft" $H = \text{const.}$ eine Reihe von „invarianten Gebieten" $H < c$ oder $a < H < b$ definiert, welche die Energie des Systemes nach oben oder unten begrenzen und gelegentlich als Gebiete „aller möglichen" Zustände interpretiert werden können.

Von der Definition der „Wahrscheinlichkeit" gehen wir jetzt über zu der des „mittleren" oder „wahrscheinlichen Wertes". Es sei nämlich $S \equiv S(q, p)$ eine eindeutige und stetige Funktion des „Zustandes", d. h. der $2n$ Variablen q_i, p_i, und g ein beliebiges Gebiet von der endlichen Ausdehnung γ, so bezeichnen wir als „den mittleren Wert von S im Gebiete g" den Ausdruck:

$$(5) \quad \bar{S}_g = \frac{1}{\gamma} \int^{(g)} S(q, p)\, dq\, dq \quad \left(\gamma = \int^{(g)} dq\, dp \right) .$$

Dieser Mittelwert ist eindeutig gegeben durch das vorgeschriebene Gebiet g und wird sich im allgemeinen mit der Zeit stetig ändern, wenn g im Verlaufe der Bewegung vom g_o in g_t übergeht, und es ist dabei immer

$$(6) \quad \frac{d\bar{S}_{g_t}}{dt} = \frac{1}{\gamma} \int^{(g_t)} \frac{dS}{dt} dq\, dp = \frac{1}{\gamma} \int^{(g_t)} (S, H)\, dq\, dp \, ,$$

weil nach (3) γ ebenso wie das $2n$-fache Differential $d\gamma = dq\, dp$ von t unabhängig ist. Ist aber $g = g_t$ ein „invariantes" Gebiet, z. B. das Gebiet G „aller möglichen" Zustände, so ist auch $\bar{S}_g$ von der Zeit unabhängig, also

$$(6a) \quad \gamma \frac{d\bar{S}_g}{dt} = \int^{(G)} \frac{dS}{dt} dq\, dp = \int^{(G)} (S, H)\, dq\, dp = 0 \, ,$$

und wir haben den Satz:

Satz II. Ist S eine beliebige eindeutige und differentiierbare Funktion des Bewegungszustandes, so hat der Mittelwert von $\frac{dS}{dt}$ in jedem invarianten Gebiete G den Wert Null.

Es kann also in diesem Gebiete die Grösse S ebenso gut zunehmen wie abnehmen, und es kann keine solche Funktion S existieren, die für alle oder auch nur für die überwiegend meisten Zustände eines invarianten Gebietes vermöge der Bewegungsgleichungen (1) beständig zunehmen oder beständig abnehmen würde.

Ein analoger Satz gilt aber auch für nicht invariante Gebiete, nämlich für solche, welche durch vorgeschriebene numerische Werte von S begrenzt werden, d. h. für Gebiete $a < S < b$. Wir beweisen den Satz zunächst für den einfacheren Fall $S < c$, auf den sich der allgemeine zurückführen lässt. Ist nämlich unser Gebiet $g = g_t$ kein invariantes, so wird es in der Zeit τ in ein anderes Gebiet $g' = g_{t+\tau}$ übergehen. Beide Gebiete haben die gleiche Ausdehnung

$$\gamma = \int^{(g)} dq\, dp = \int^{(g')} dq\, dp$$

und haben für kleine Werte von τ ein Stück g'' mit einander gemein, während die Ausdehnungen der Restgebiete $g - g''$ und $g' - g''$ mit τ gleichzeitig verschwinden. Daher wird die Differenz der beiden Integrale

$$\gamma\,(S_{g'} - S_g) = \int^{(g')} S\, dq\, dp - \int^{(g)} S\, dq\, dp$$
$$= \int^{(g')} (S - c)\, dq\, dp - \int^{(g)} (S - c)\, dq\, dp$$
$$= \int^{(g' - g'')} (S - c)\, dq\, dp - \int^{(g - g'')} (S - c)\, dq\, dp,$$

wo c eine beliebige Konstante sein kann. Ist aber das Gebiet g definiert durch die Ungleichung $S < c$, so werden in den beiden schmalen Randgebieten $g' - g''$ und $g - g''$ die Werte von S nur wenig von c verschieden sein und die beiden Integrale über $S - c$ von der Ordnung τ^2 verschwinden, so dass wir haben, wie behauptet:

$$(7)\quad \underset{\tau = 0}{Lim}\, \gamma\, \frac{(S_{g'} - S_g)}{\tau} = \gamma \frac{d S_g}{dt} = \int^{(g)} \frac{dS}{dt}\, dq\, dp = 0.$$

Ferner ist dasselbe Integral $\int \frac{dS}{dt}\, dq\, dp$, erstreckt über ein Gebiet $a < S < b$ nichts anderes als die Differenz der beiden analogen Integrale über die Gebiete $S < b$ und $S < a$ und muss daher gleichfalls verschwinden, auch wenn a und b sich beliebig wenig unterscheiden. So haben wir:

Satz III. Ist uns der Wert S_0 einer eindeutigen Funktion S des Bewegungszustandes mit beliebiger Annäherung σ vorgeschrieben, so hat in dem dadurch definierten Gebiete $S_0 - \sigma < S < S_0 + \sigma$ die mittlere Zunahme $\frac{dS}{dt}$ derselben Funktion den Wert Null.

Die hier entwickelten Sätze könnten als Grundlage für weitere Betrachtungen dienen, indem sie uns lehren, welche Wahrscheinlichkeiten und Mittelwerte wir ganz allgemein durch andere, einfachere ersetzen dürfen. Um nun aber weitere Gleichungen oder Differentialgleichungen zu finden, die zu einer wirklichen Bestimmung der Mittelwerte als Funktionen der Zeit und zu einer Beschreibung des physikalischen Vorganges führen können, wird man diese allgemeinen Betrachtungen verlassen und zu specielleren Annahmen übergehen müssen. Als ein Beispiel hierfür beabsichtige ich, demnächst für das sog. Maxwellsche Gesetz von der Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle eine neue Ableitung zu versuchen, die ohne jede weitere Hypothese allein auf der hier gegebenen Definition der Wahrscheinlichkeit beruhen soll.

(Eingegangen 24. März 1900.)

Briefkasten.

Manchester, 26. März 1900.

Ich bedauere, dass die von mir in No. 20 dieser Zeitschrift behandelte Spiegelkorrektion nichts neues enthält. Eine Ableitung der betreffenden Gleichungen, die in der Hauptsache mit der meinigen identisch ist, wurde von F. Kohlrausch in Wied. Annalen 31, 1887 veröffentlicht.

Arthur Schuster.

Tagesereignisse.

Wegen der Promotionsbedingungen für die Erlangung des Dr. Ing. schweben Verhandlungen zwischen den Regierungen der Bundesstaaten mit den technischen Hochschulen. Die Bedingungen sollen einheitlich geregelt werden unter Berücksichtigung der Bestimmungen über die Diplomprüfung für Ingenieure. Der Verein Deutscher Ingenieure hält es daraufhin in einer Eingabe an die betreffenden deutschen Staatsregierungen und an die Senate der technischen Hochschulen für geboten, auf die Wichtigkeit der Vorbildung hinzuweisen; er legt den grössten Wert darauf, dass für die Promovierung zum Diplom-Ingenieur und zum Doktor-Ingenieur — soweit es sich um Maschinen-Ingenieure handelt — eine mindestens einjährige Werkstattthätigkeit als Vorbedingung aufgestellt oder da, wo sie schon besteht, festgehalten werde. Nur auf diese Weise könne man hoffen, dass aus der Diplom- und aus der Doktorprüfung Ingenieure mit klarem Verständnis für die Aufgaben der Technik hervorgehen werden.

Personalien.

Der Chemiker Dr. Virchow wurde zum etatsmässigen Chemiker der Geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin ernannt.

Der Privatdocent für Mathematik an der technischen Hochschule zu Berlin, Dr. Horn, wurde zum etatsmässigen Professor an der vereinigten Bergakademie und Bergschule zu Clausthal ernannt.

Die Privatdocenten Dr. Osann in Basel (Geologie und Mineralogie), Dr. Kobold (Astronomie) und Professor Dr. Hergesell (Meteorologie) in Strassburg wurden zu a. o. Professoren ernannt.

Der Privatdocent Dr. M. Smoluchowski Ritter von Smolau wurde zum a. o. Professor der theoretischen Physik in Lemberg ernannt.

Professor F. Pockels von der technischen Hochschule in Dresden ist als a. o. Professor für theoretische Physik an die Universität Heidelberg berufen und wird dem Rufe folgen.

Der Privatdocent für Physik und physikalische Chemie an der Universität Erlangen, Dr. G. C. Schmidt, hat einen Ruf als o. Professor an die Kgl. Forstakademie in Eberswalde angenommen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 29. 21. April 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Folgerungen des Prinzips von der Erhaltung der Elektricität.

Von O. M. Corbino.

1. In einem berühmten, im Jahre 1881 veröffentlichten Aufsatz[1]) weist Lippmann nach, dass beim Studium elektrischer Erscheinungen das Prinzip von der Erhaltung der Elektricität dieselbe Tragweite hat, wie das Carnotsche Prinzip in der Thermodynamik; dass es, wie dieses, das Vorhandensein neuer Erscheinungen, die mit andern, bekannten, in Wechselwirkung stehen, voraussehen lässt, wenn es vom Prinzip von der Erhaltung der Energie gestützt wird, welches, wenn das Vorhandensein einer wechselseitigen Erscheinung einmal nachgewiesen ist, deren Sinn und Gesetz bestimmt.

Lippmann geht in allen von ihm in Betracht gezogenen Fällen in derselben Weise vor. Es scheint mir aber, dass er bei allen von ihm angeführten Beispielen in der Integration der Differential-Gleichungen, auf welche er die experimentellen Gesetze des direkten Phänomens anwendet, in einen Widerspruch gerät, der die Endformeln und folglich die aus ihnen abgeleiteten Gesetze ungenau macht.

Der Kürze halber will ich einen einzigen Fall zur Prüfung heranziehen, nämlich den, in welchem die von Righi studierte Verlängerung cylindrischer Kondensatoren als direktes Phänomen angenommen wird; meine Bemerkungen können leicht auch auf die anderen Fälle übertragen werden.

Setzen wir
$$dq = c\,dx + h\,dp,$$
worin dq die Menge von positiver Elektricität darstellt, die von einem Kondensator von der Kapazität c geliefert wird, um das Potential um dx zu erhöhen. Erhöht man nun das Spanngewicht um dp, so wird das Prinzip von der Erhaltung der Elektricität dadurch ausgedrückt, dass dq ein genaues Differential ist, und dass man folglich erhält:
$$\frac{dc}{dp} = \frac{dh}{dx}. \qquad 1)$$

Bringt man nun zum Ausdruck, dass die Länge l des Kondensators vom Spanngewicht und vom Potential (und nur von ihnen) abhängt, so hat man die Beziehung
$$dl = h\,dp + a\,dx$$
mit der analogen Bedingung:
$$\frac{dh}{dx} = \frac{da}{dp}. \qquad 2)$$

Sucht man die Variation der Energie, welche aus der Variation dp des Spanngewichts und der Variation dx des Potentials folgt und drückt man aus, dass auch diese Variation ein genaues Differential ist, so gelangt man zum Resultat:
$$h = a,$$
das heisst:
$$\frac{dc}{dp} = \frac{d^2 l}{dx^2}. \qquad 3)$$

Andererseits geht aus den Versuchen Righis hervor, dass die Verlängerung dem Quadrat des Potentials proportional ist
$$\Delta l = \tfrac{1}{2} K x^2, \qquad 4)$$
daraus folgt
$$\frac{dc}{dp} = K. \qquad 5)$$

Mir scheint jedoch, dass man nicht, wie Lippmann es thut, diese letztere Gleichung in Bezug auf p integrieren kann, indem man K konstant hält; denn K ist konstant in Bezug auf x und nicht in Bezug auf p, da man bisher nicht feststellen konnte, dass die Deformation eines Kondensators, ausser vom Potential, nicht auch vom Spanngewicht abhängt. Die Lippmannsche Schlussformel
$$c - c_0 = Kp$$

1) Ann. de Chimie et de Physique, 5. série, t. 24, S. 159, 1881.

müsste also umgeändert werden in:

$$c - c_0 = \int^p K\, dp.$$

Gemäss dieser zweiten Formel wäre die Variation der Kapazität eines verlängerten Kondensators nicht proportional dem spannenden Gewicht und a priori kann man keine bestimmten Folgerungen ziehen.[1])

Aus demselben Grunde scheint mir die Bemerkung nicht annehmbar, die Lippmann anschliesst, nach welcher, da K konstant und

$$a = Kx \text{ ist,}$$

$\frac{da}{dp}$, und ausserdem, nach (2) auch $\frac{dh}{dx}$ gleich Null sein müsste, was so viel hiesse, als der Elastizitäts-Koeffizient ist unabhängig von der Elektrisierung. — Auch hier kann das oben Gesagte wiederholt werden, nämlich, dass, wenn K konstant in Bezug auf x ist, wir nicht wissen, ob es nicht eine Funktion von p ist.[2])

Ich glaube, dass es unnötig ist, die vorhergehenden Betrachtungen für alle von Lippmann behandelten Fälle zu wiederholen.[3])

2. Es hat statt dessen ein gewisses Interesse, zu prüfen, was sich auf der Grundlage von (3) voraussehen lässt, sobald das Gesetz der Proportionalität von Δl mit dem Quadrat des Potentials nicht genau ist, wie aus der Gesamtheit der Versuche hervorzugehen scheint.

Man erfährt durch (3), dass

$$\frac{dc}{dp} \text{ und } \frac{d^2 l}{dx^2}$$

zwei identische Funktionen sowohl von p wie von x sind; sodass, wenn wir $\frac{d^2 l}{dx^2}$ als Funktion von x darstellen, und uns der experimentellen Ergebnisse bedienen, wir eine Linie erhalten, welche keine Gerade parallel zur Axe von x ist, sondern eine aufsteigende Kurve gemäss dem Wachsen von x; man kann hieraus ableiten, dass auch die Variation der Kapazität, die durch ein bestimmtes Gewicht hervorgebracht wird, mit dem Werte x des Potentials der Ladung steigt.

Dieses ist die einzige, rechtmässige Deduktion. Das Vorgehen Ercolinis[4]) scheint mir nicht genau zu sein; wenn er nach seinen Versuchen die Kurve anführt, die $\frac{dc}{dp}$ als Funktion von p darstellt. Um seine Ergebnisse mit denjenigen Quinckes über elektrische Deformationen in Übereinstimmung zu bringen, bedient er sich der Gl. (3), indem er diese Kurve mit der, die $\frac{d^2 l}{dx^2}$ als Funktion von x darstellt, vergleicht, und daraus den Schluss zieht, dass Übereinstimmung vorhanden ist, weil die Kurven gleichen Verlauf haben. Es ist jedoch klar, dass die beiden Kurven nichts gemeinsames haben.

3. Die Einwürfe, welche ich gegen die Endformeln Lippmanns erhoben habe, gelten nicht für jene Formeln, zu denen Sacerdote[1]) kürzlich gelangt ist, indem er aus dem Prinzip von der Erhaltung der Elektricität eine elegante Theorie über die Deformationen der Kondensatoren ableitet. Man muss nur darauf achten, dass man von den Formeln nicht mehr verlangt, als sie geben können.

Sie verbinden in äusserst einfacher Weise die elektrische Deformation mit dem Elastizitäts-Koeffizienten und mit dem Koeffizienten der Veränderung der elektrischen Konstante durch mechanischen, auf den Isolator ausgeübten Druck oder Zug. So erhält man bei einem unendlich dünnen cylindrischen Kondensator, wenn man mit a den Elastizitäts-Koefficienten, mit K den Koeffizienten der Variation der elektrischen Konstante durch Zug,[2]) mit V die Potential-Differenz zwischen den Belegungen und mit e die Dicke des Isolators bezeichnet, für die Verlängerung:

$$\frac{\Delta l}{l} = (a + K_1)\frac{K}{8\pi}\frac{V^2}{l^2}. \qquad 6)$$

Diese Formel führt nicht notwendigerweise, wie Sacerdote das zu glauben scheint, zu dem Gesetz, dass die Deformation proportional zum Quadrate des Potentials ist; denn Sacerdote hat die Hypothese, dass a und K unabhängig von V ist, nicht gemacht (was ihm auch nicht möglich war zu thun). Man kann aus der Gl. (6) nur ableiten, dass das Gesetz vom Quadrate des Potentials richtig ist, wenn der Versuch beweist, dass $a + K_1$ unabhängig von V ist und umgekehrt.

Der Versuch scheint zu zeigen, dass das Gesetz vom Quadrate des Potentials nicht rich-

1) Z. B. wenn durch die elektrische Ausdehnung eines Isolators dasselbe geschähe, was durch die thermische Ausdehnung des Kautschuks geschieht, so könnte, was Zugwirkung anbelangt (und das ist nicht a priori auszuschliessen), für einen gewissen Wert des Gewichts $c - c_0$ negativ werden.

2) Dass der Koeffizient der Elastizität des Glases von der Elektrisierung abhängt, geht im Gegensatz zu der Erwartung Lippmanns aus einem Versuch von Quincke hervor. Vgl. Wiedemann, Lehre von der Elektricität, Bd. 2, 1894, S. 152.

3) Elektrische Zusammenziehung von Gasen, elektrische Deformation hemiedrischer Krystalle, durch Elektrisierung hervorgebrachte Kälte u. s. w.

4) Rendic. Linc. (5), 7. S. 188, 1898.

1) Sacerdote. Tesi presentata alla Facoltà di Scienze di Parigi. Gauthiers-Villars, dicembre 1899.

2) Nämlich indem wir annehmen:

$$K_1 = \frac{1}{K}\frac{\partial K}{\partial q},$$

wo K die elektrische Konstante und q den Zug auf die Flächeneinheit bedeutet.

tig ist[1]) und dass a und K im allgemeinen von V abhängen.

Die Formel (6) allein, ohne Zuhülfenahme der Erfahrung, gestattet also nicht, weitere Schlüsse zu ziehen. Aus dem Gesagten lässt sich eine wichtige Folgerung entnehmen: um die Gl. (6) durch den Versuch zu beweisen (und selbige fehlerhaft zu finden, ist unmöglich, da sie aus den sichersten Prinzipien der Energetik abgeleitet ist), muss man die Abhängigkeit des Δl von K_1 und von a bei dem gleichen Wert des Potentiales untersuchen; will man für K den Wert finden, der sich nach den Versuchen von Professor Cantone[2]) voraussehen lässt, so muss man zu jenen höchsten Werten des Potentials seine Zuflucht nehmen, mittels deren Cantone die Werte von Δl bestimmte.

In diesem Sinne müssen die Beobachtungen mit Bezug auf K_1 durchgeführt werden, vorausgesetzt, dass es mit so hohen Potentialen, bei welchen doch merkliche und schwer vermeidliche Störungen dazwischen kommen, möglich ist, diejenigen Variationen der elektrischen Konstante zweifelsfrei zu machen, welche von der Grössenordnung des Elastizitäts-Koeffizienten sind.

Die Bemerkung,[3]) dass man bisher unvergleichlich viel niedrigere Potentiale verwendet hat, ist wohl nicht mehr nötig.

1) Sacerdote, loc. cit. S. 81, nota 1.

2) Cantone, Rend. Linc. 4, 1888.

3) Sacerdote, loc. cit. S. 84. Der von diesem letzteren gemutmasste Wert wird vielleicht ein wenig korrigiert, weil auch K bei demselben Werte des Potentials gemessen werden muss, was in den Messungen von Cantone nicht geschieht. Könnte man nicht auf der Grundlage von (6) der Veränderung von K mit der Dauer der Ladung den Einfluss zuschreiben, den Cantone in der Dauer der Ladung auf die Verlängerung gefunden hat?

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

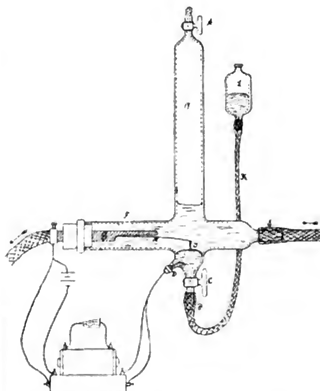
(Eingegangen 20. März 1900.)

Strom-Unterbrecher.

Von E. Grimsehl, Cuxhaven.

Die Zahl der Strom-Unterbrecher zum Betriebe von Induktions-Apparaten ist im Laufe der letzten Jahre durch viele neue Konstruktionen vermehrt. Für einen zuverlässigen Betrieb der mechanischen oder elektromagnetischen Unterbrecher kann bisher nur der Quecksilber-Unterbrecher in Frage kommen, da bei den übrigen Kontakt-Unterbrechern die Kontakte in kurzer Zeit verbrennen. Der Wehnelt-Unterbrecher hat als notwendige Voraussetzung die, dass man eine hohe Betriebsspannung zur Verfügung hat, dass also ein Anschluss an eine elektrische Centrale möglich ist. In allen anderen Fällen muss man vom elektrolytischen Unterbrecher absehen. Die durch Elektromotoren oder durch Turbinen betriebenen Unterbrecher leiden an dem Übelstande, dass sie teilweise sehr teuer sind, teilweise eine hohe Betriebskraft gebrauchen, ganz abgesehen davon, dass in den meisten Fällen ein sehr starker Verbrauch an Quecksilber eintritt.

Der im folgenden beschriebene Unterbrecher zeigt diese Übelstände nicht, sodass er berufen zu sein scheint, dort allgemein angewandt zu werden, wo die elektrolytischen Unterbrecher nicht angewandt werden können. Der neue



Unterbrecher zeichnet sich aus durch einfache Konstruktion, und damit im Zusammenhange durch billigen Preis, durch zuverlässiges Arbeiten bei Dauerbetrieb, durch geringe Betriebskraft und durch geringen Quecksilberverbrauch.

Der Strom-Unterbrecher besteht aus einem kreuzförmigen Glasrohr; der obere vertikale Schenkel O desselben ist durch einen Hahn A verschlossen. Der untere kurze Schenkel trägt an seinem unteren Ende einen Schlauchansatz B, der durch den Hahn C abgeschlossen werden kann. Ausserdem ist am unteren Schenkel ein seitlicher Ansatz D angebracht, durch den ein Metalldraht in den unteren Schenkel eingeführt wird. Der horizontale Schenkel E endet in einen Schlauchansatz. In den zweiten horizontalen Schenkel F wird mittels eines Stopfens eine Zungenpfeife G eingesetzt. Die verlängerte

Zunge *H* dieser Pfeife ist mit einem Platinstift *J* versehen. Durch den Schlauch *K* wird aus der Quecksilberflasche *L* Quecksilber in den unteren Schenkel gelassen, bis der Stift *J* mit dem Quecksilber eben in Berührung kommt. Der Schlauchansatz *E* wird durch einen Schlauch mit der Wasserleitung verbunden. Wird nun der Wasserleitungshahn geöffnet, so fliesst bei schwacher Zuleitung das Wasser ohne weiteres durch die Zungenpfeife ab. Wird aber durch weiteres Öffnen der Wasserleitung mehr Wasser zugeführt als abfliessen kann, so wird die in dem oberen Schenkel *O* befindliche Luft komprimiert, und bei einem gewissen Druck fängt die Zungenpfeife an, zu tönen. Man reguliert nun den Wasserzutritt so, dass das Wasser in dem oberen Schenkel etwa 1—2 cm hoch steht, dann giebt die Pfeife einen Ton von ungefähr 100 Schwingungen. Die in dem Schenkel *O* befindliche Luft hat genügend Elastizität, um ein fortdauerndes Schwingen der Zunge zu ermöglichen, sie erteilt dem Wasser gewissermassen die ihm fehlende Elastizität. Dadurch dass nun der Stift *J* abwechselnd in das Quecksilber taucht und herausgehoben wird, findet eine periodische Schliessung und Öffnung eines durch *G* und *D* gehenden elektrischen Stromes statt.

In der Figur ist schematisch die Schaltung mit einem Funkeninduktor gezeichnet. Von *G* und *D* gehen je zwei Drähte aus. Das eine der beiden Drahtpaare ist an die Pole des Kondensators des Induktoriums angeschlossen. Das andere Drahtpaar enthält in Serie geschaltet die Stromquelle und die Primärspule des Induktors.

Der ganze Unterbrecher ist auf einem kräftigen eisernen Stative montiert, das zugleich auch noch zwei aufgeschlitzte Ringe trägt, in welche die Quecksilberflasche eingestellt wird. Das Stativ ist auf einem starken Grundbrette befestigt, auf welchem gleichzeitig ein Commutator, sowie die Polklemmen für die Schaltung der Drähte passend angebracht sind.

Die Unterbrechung zwischen dem Metallstift und dem Quecksilber ist nahezu vollkommen und plötzlich, da der Widerstand des Wassers so gross ist, dass der Strom als völlig unterbrochen angesehen werden kann. Durch das stetig zu- und abfliessende Wasser wird die Kontaktstelle immer kühl gehalten, sodass eine Abnutzung oder ein Verbrennen des Kontaktes selbst nach mehrstündigem ununterbrochenem Betriebe nicht zu beobachten war. Ausserdem werden die bei der Unterbrechung losgerissenen und teilweise oxydierten Quecksilberteilchen, die eine Trübung des Wassers verursachen würden, immer gleich fortgespült, sodass die Quecksilberoberfläche stets metallisch rein bleibt. Das Wasser bleibt auch völlig klar. Man kann daher den Zustand der Unterbrechungsstelle stets beobachten, während bei anderen Quecksilberunterbrechern bekanntlich nach ganz kurzer Zeit die Quecksilberoberfläche mit einem undefinierbaren Schlamm bedeckt ist, der das gute Arbeiten des Unterbrechers schon nach kurzer Zeit hindert. Die mitgeführten Quecksilberteilchen können in einem zwischen der Mündung der Zungenpfeife und dem Wasserableitungsrohr eingeschalteten Sammelgefässe aufgefangen werden, obgleich die Menge des mitgeführten Quecksilbers nur sehr gering ist. Während des Betriebes kann das Niveau des Quecksilbers noch geregelt werden. Soll das Niveau gehoben werden, so setzt man das Quecksilbergefäss in den am Stativ angebrachten oberen aufgeschlitzten Ring und öffnet langsam den Hahn *C*, bis das Niveau genügend hoch ist. Soll das Niveau gesenkt werden, so verfährt man ebenso, nachdem man das Quecksilbergefäss in den unteren Ring gestellt hat. Wenn man zu Beginn des Betriebes das Quecksilberniveau richtig einreguliert hat, so ist erst nach stundenlangem Betriebe ein weiteres Regulieren erforderlich, um das fortgeschleuderte Quecksilber zu ersetzen, da eben die fortgeführten Quecksilbermengen so sehr gering sind.

Der Wasserverbrauch ist auch nur sehr gering, besonders im Vergleich mit den Wassermotor-Unterbrechern. Der Wasserdruck braucht nur klein zu sein. Es genügt beim Fehlen einer Wasserleitung der Druck eines hochgestellten Reservoirs.

Besonders mag noch hervorgehoben werden, dass infolge der grossen Unterbrechungszahl das Bild auf dem Bariumplatincyanürschirme bei Röntgen-Durchleuchtungen ausserordentlich ruhig und stetig ist. Untersuchungen über die Unterbrechungskurve sind im Gange und sollen demnächst veröffentlicht werden.

Die Herstellung des gesetzlich geschützten Unterbrechers hat der Universitäts-Mechaniker W. Apel in Göttingen übernommen.

(Eingegangen 26. März 1900.)

Die neuen Flüssigkeits-Unterbrecher in Parallelschaltung.

Von E. Ruhmer.

Schon Wehnelt hat darauf hingewiesen, dass man zur Erhöhung der Stromstärke bei seinem Flüssigkeits-Unterbrecher statt die Drahtoberfläche zu vergrössern, auch nebeneinander mehrere aktive Elektroden in die Flüssigkeit setzen und parallel schalten kann. Selbst beim

Parallelschalten ganz verschieden grosser Elektroden wird der Strom genau so exakt unterbrochen, als ob nur eine Elektrode vorhanden wäre.[1])

Ebenso verhält es sich beim Simonschen Lochunterbrecher, bei dem man eine ganze Anzahl im Querschnitt recht ungleiche Durchbohrungen in der Trennungswand anwenden kann,[2]) ohne dass dadurch die Regelmässigkeit des Unterbrechervorgangs verändert würde.

Man sollte von vornherein erwarten, dass bei einer solchen Parallelschaltung, beispielsweise zweier Wehnelt-Unterbrecher mit recht ungleichen aktiven Elektroden, — welche also, einzeln betrieben, sehr verschiedene Unterbrechungszahlen besitzen, — ein Interferieren der Unterbrechungen eintreten müsste. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr lehrt schon der Augenschein, dass beide synchron unterbrechen; es wird durch Verstellen der Spitze des einen nicht nur dessen eigene, sondern auch die Frequenz des parallel geschalteten Unterbrechers verändert; stets unterbrechen beide anscheinend gleichzeitig.

Um hierüber exakten Aufschluss zu erhalten, wurden die Unterbrechungsfunken zweier parallel geschalteter Unterbrecher mit ungleich grossen Oberflächen bezüglich ihres gleichzeitigen Auftretens nach der schon mehrfach beschriebenen mutoskopischen Methode[3]) untersucht.

Zu diesem Zwecke dienten die schon im Heft 27, S. 303 dieser Zeitschrift beschriebenen Unterbrecher No. I, II, III, deren Platinstiftoberflächen sich wie 1:2:3 verhalten.

Unterbrecher I Oberfläche = 9,18 qmm
Unterbrecher II Oberfläche = 18,35 qmm
Unterbrecher III Oberfläche = 27,53 qmm.

Es betrug beim

1. Versuch.

No. des Unterbr.	E in Volt	L in Henry	J in Amp.	N pro Sek.	t in °C.
I	105	$3 \cdot 10^{-5}$	12	1462	18,5
II	105	$3 \cdot 10^{-5}$	22,5	1170	18,5
III	105	$3 \cdot 10^{-5}$	30,75	795	18,5
I u. II parallel	105	$3 \cdot 10^{-5}$	10,25 / 20,50 } 30,75	790	18,5

2. Versuch.

No. des Unterbr.	E in Volt	L in Henry	J in Amp.	N pro Sek.	t in °C.
I	105	$5 \cdot 10^{-5}$	9	871	18,5
II	105	$5 \cdot 10^{-5}$	15,25	500	18,5
III	105	$5 \cdot 10^{-5}$	20,5	308	18,5
I u. II parallel	105	$5 \cdot 10^{-5}$	6,8 / 13,7 } 20,5	304	18,5

Hieraus ist zunächst ersichtlich, dass die beiden parallel geschalteten Unterbrecher No. I und II, welche die gleiche Oberfläche wie No. III besitzen, unter sonst gleichen Bedingungen die gleiche Stromstärke verbrauchten und dieselbe Unterbrechungszahl ergaben wie Unterbrecher III.

Demnach sind zwei oder mehrere parallel geschaltete Unterbrecher einem Unterbrecher äquivalent, dessen Platinstiftoberfläche (Lochquerschnitt) gleich der Summe der Platinoberflächen (Lochquerschnitte) der einzelnen Unterbrecher ist.

Bei der mutoskopischen Aufnahme der beiden parallel geschalteten Unterbrecher I und II war die Anordnung so getroffen, dass die beiden Platinstifte sich nahe bei einander in einer horizontalen Linie befanden. Eine zeitliche Aufeinanderfolge der Unterbrechungen beider, wäre sie auch noch so gering, hätte sich auf der in senkrechter Richtung schnell bewegten photographischen Platte durch eine Verschiebung der einen Punktreihe gegen die andere zeigen müssen. In Wirklichkeit sind aber die beiden zusammengehörigen Unterbrechungsfunkenbilder durchgehends auf derselben Höhe, d. h. die parallel geschalteten Unterbrecher mit verschieden grossen Anodenflächen unterbrechen genau synchron.

Eine nähere Überlegung giebt von dem beschriebenen Verhalten leicht Rechenschaft: Bei der durch die Parallelschaltung eintretenden Stromverzweigung verteilt sich der Strom auf die beiden Unterbrecher im umgekehrten Verhältnis ihrer Widerstände. Die Widerstände sind aber den Anodenoberflächen umgekehrt proportional; daher muss sich also die Stromstärke im Verhältnis der Platinstiftoberflächen verteilen, d. h. in jedem Augenblicke ist die Verteilung so, dass an der aktiven Oberfläche jedes der parallelgeschalteten Unterbrecher gleiche Stromdichte herrscht. Da aber, wie ich am Schlusse meiner letzten Mitteilung[1]) zeigte und wie es die theoretische Überlegung erwarten lässt, Unterbrecher verschiedener Dimension dann gleiche Unterbrechungszahl ergeben, wenn sie unter sonst gleichen Umständen mit gleicher Stromdichte arbeiten, so findet die Beobachtung gleicher Unterbrechungszahlen an parallelgeschalteten Unterbrechern zwanglos ihre Erklärung. Umgekehrt liesse sich aus dieser Thatsache der obige Satz ableiten.

Wie aus den angestellten Versuchen ersichtlich ist, verhält sich ein und derselbe Unterbrecher in den beiden Fällen, wo er allein oder in Parallelschaltung mit einem anderen arbeitet, ganz verschieden. Dieses Verhalten findet nach der Theorie seine Erklärung in dem Einfluss der Selbstinduktion. Es ist bereits in Heft 27 hierauf hingewiesen worden.

1) vgl. A. Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 240 (1899).
2) vgl. H. Th. Simon, Wied. Ann. 68, S. 861 (1899).
3) vgl. diese Zeitschrift 1, No. 19, S. 212 (1900).

1) Diese Zeitschrift I, Heft 27, S. 303, 1900.

Da in obigen Versuchen der Widerstand des Stromkreises beim Parallelschalten von I und II gegenüber dem beim Einzelarbeiten vermindert wurde, während die Selbstinduktion konstant blieb, wurde die Zeitkonstante $\frac{L}{w}$ vergrössert, d. h. der Stromanstieg gegenüber dem beim Einzelarbeiten der Unterbrecher verlangsamt und damit die Unterbrechungszahl verringert.

Unterbrecher III und Unterbrecher I mit II verhalten sich natürlich in dieser Beziehung völlig gleich und sind infolgedessen, wie wir bereits sahen, einander äquivalent.

Will man erreichen, dass parallel geschaltete Unterbrecher nicht synchron, aber doch gleich oft unterbrechen, so hat man in die Unterbrecherzweige selbst (hinter die Verzweigungsstelle) passende Selbstinduktionen zu legen und zwar derart, dass sich die Selbstinduktionen umgekehrt wie die Oberflächen der zugehörigen aktiven Elektroden verhalten. Man kann dies bei zwei parallel geschalteten Unterbrechern leicht erreichen, indem man in jedem Stromzweige eine beliebige Selbstinduktion legt und die eine Platinanode reguliert. Zuerst hört man ausser beiden Unterbrechungstönen einen Kombinationston; nach und nach nähern sich beide Töne, es entstehen Schwebungen, bis schliesslich beide Töne übereinstimmen.

Berlin, 29. März 1900.

(Eingegangen 30. März 1900.)

BESPRECHUNGEN.

M. Albert Turpain, Experimentaluntersuchungen über elektrische Oscillationen.[1])

I. In ein gewöhnliches Hertzsches Feld, welches durch zwei Paralleldrähte konzentriert ist, die von zwei den Scheiben des Erregers gegenüber liegenden Scheiben ausgehen, bringt man einen Hertzschen Drahtresonator. Darauf stellt man nacheinander die Ebene des Resonators senkrecht zur Richtung der Drähte (Stellung 1), in die Ebene der Drähte (Stellung 2), und schliesslich in die Symmetrieebene der Drähte (Stellung 3). Dabei findet man: 1) die Wellenlängen bei Stellung 1, 2, 3 sind gleich, 2) die Bauche und Knoten der Stellung 2 und 3 fallen zusammen, 3) die Bäuche von Stellung 1 fallen zusammen mit den Knoten von Stellung 2 und 3, und umgekehrt.

II. Das Feld ist durch einen einzigen Draht konzentriert. Vergleich der Felder mit einem und mit zwei Drähten.

Das durch einen einzigen Draht konzentrierte Feld und das gewöhnliche Hertzsche Feld mit zwei Drähten geben dieselbe Anordnung von Bäuchen und Knoten.

Konzentriert man das Feld durch zwei Drähte, die von zwei derselben Scheibe des Excitators gegenüberliegenden Endplatten ausgehen, so giebt ein derartiges Feld überhaupt keine Anordnung von Bäuchen und Knoten: das ist das Interferenzfeld mit zwei Drähten. Ein Interferenzfeld kann in ein gewöhnliches Feld umgewandelt werden und umgekehrt und zwar durch eine passende Verlängerung des einen Drahtes, wenn diese Verlängerung durch Einschaltung einer zu dem einen Drahte hinzukommenden Länge zwischen die Enden eines in denselben gemachten Einschnittes herbeigeführt wird.

III. Wirkungsweise des Resonators.

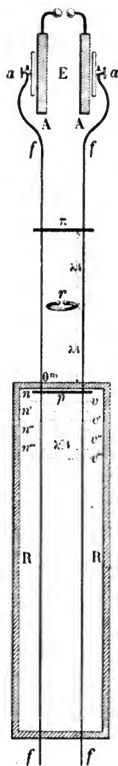
Die vollständige Untersuchung eines Resonators führt zu folgenden Gesetzen: 1) Die Lage des Funken-Mikrometers bezeichnet die Lage der Bäuche, während der Resonator anspricht. 2) Die Differenz zwischen den halben Wellenlängen zweier Drahtresonatoren ist sehr nahe gleich der Differenz ihrer Länge.

$$\lambda - \lambda' = 2\,(L - L').$$

Ein Resonator, der unabhängig von dem Mikrometer einen Einschnitt hat, spricht mit grosser Leichtigkeit an. Die Gesetze, zu denen die Untersuchung eines Resonators mit Einschnitt führt, lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Bei einem Resonator mit Einschnitt, spielt der Einschnitt die Rolle des Mikrometers bei einem vollständigen Resonator.

1) Paris, A. Hermann, 1899.



Ausserdem findet man: Ein in Thätigkeit befindlicher Resonator mit Ausschnitt hat anscheinend an jedem Ende des Ausschnittes einen Schwingungsknoten und an dem der Mitte des Ausschnittes diametral gegenüberliegenden Punkte einen Bauch.

Die Differenz zwischen der halben Wellenlänge eines vollständigen Resonators und eines solchen mit Ausschnitt ist der Länge c des Ausschnittes fast gleich

$$\lambda - \lambda_c = 2c.$$

Die Eigenschaften des Interferenzfeldes einesteils und das leichte Mittönen des Resonators mit Ausschnitt wurden zur Lösung des Problems der vielfachen Mitteilung in der Telegraphie benützt. Wir verweisen in Betreff dieser Sache auf die Originalarbeit.

IV. Vergleichende Untersuchung eines Hertzschen Feldes in Luft und in Dielectricis.

In dem Inneren eines 4 m langen und 230 l Flüssigkeit fassenden Behälters (s. Figur) sind zwei Drähte gespannt, die noch 3 m nach aussen hervorragen und mit ihren Enden in die Nähe des Excitators reichen. Ein Resonator, den man nacheinander in Lage 1 und 2 (die Figur zeigt ihn in Lage 1) bringt, wird in der Luft an eine Stelle zwischen Behälter und Excitator gebracht, die von der äusseren Wand des Behälters um eine viertel Wellenlänge der Schwingungen entfernt ist, die den Resonator in Luft anregen. Bringt man unter diesen Bedingungen in die Nähe des Resonators eine Brücke, so macht ihn diese unwirksam; legt man dieselbe Brücke gegen die Wand des Resonators selbst, so erregt sie den Resonator. Behufs Verhinderung einer störenden Einwirkung des Excitators bringt man vor dem Resonator zwischen Apparat und Erreger eine zweite Brücke an, deren Entfernung von dem Resonator einer viertel Wellenlänge der ihn erregenden Oscillationen gleich ist.

Man bringt nun in dem Behälter eine bewegliche Brücke p an und kann jetzt mit Genauigkeit die Bauch- und Knotenstelle bestimmen und dann auch die Wellenlängen. Man überzeugt sich, dass sich bei Stellung 1 des Resonators auf eine Wellenlänge in Luft 7 bis 8 ausbilden, wenn der Behälter mit Wasser gefüllt ist. Ist der Resonator in Stellung 2, so zeigt die in dem Behälter angebrachte Brücke, bewegliche Brücke p, die gleiche Wellenlänge an, einerlei ob der Behälter leer oder mit Flüssigkeit gefüllt ist.

Die experimentellen Gesetze, zu denen solche mit Öl, Petroleum und Wasser angestellten Versuche geführt haben, sind folgende:

1. Die Wellenlängen der Schwingungen, welche einen in Stellung 1 befindlichen Resonator anregen, sind dieselben in Luft, wie in einem Dielectricum.
2. Für die Schwingungen, die den Resonator in Stellung 1 erregen, ist das Verhältnis der Wellenlänge in Luft zu der in einem Dielectricum gleich der Quadratwurzel aus der Dielektricitätskonstanten.

Die verwendete Versuchs-Anordnung erlaubt uns, die in Betreff der Periode des Resonators zulässige Annahme festzulegen und führt uns so zu einer vollständigeren theoretischen Deutung, wie die früher über dielektrische Körper angestellten Versuche. Die angestellten Versuche bringen eine Bestätigung der Theorie von Helmholtz-Duhem.

(Selbstbesprechung des Verfassers.)

(Aus dem Französischen übersetzt von B. Agricola.)

(Eingegangen 10. Februar 1900.)

Theorie der atmosphärischen Strahlenbrechung von Dr. Alois Walter. (Veröffentlicht mit Unterstützung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.) Mit 4 Textfiguren. Leipzig 1898 bei Teubner. 74 S. 2,80 M.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, eine allgemeine mathematische Theorie der terrestrischen sowie der astronomischen atmosphärischen Strahlenbrechung zu entwickeln, welche, von allen speciellen Annahmen über die Beschaffenheit der Atmosphäre unabhängig, in jedem besonderen Falle eine leichte Berechnung der erforderlichen Korrektionsgrössen gestatten soll. Vorausgesetzt wird lediglich, dass die Atmosphäre als ein System homogener koncentrischer Schichten aufgefasst werden könne, dass also der Snelliussche Brechungsexponent

n durch den Abstand r des betrachteten Luftteilchens von einem festen Punkte O, den der Verfasser als den „optischen Mittelpunkt der Atmosphäre" bezeichnet, eindeutig bestimmt sei; dieser Anforderung wird in der Praxis der Krümmungsmittelpunkt des Erdellipsoides, bezw. des Geoides in dem Vertikalschnitte, in welchem die Beobachtung erfolgt, mit hinreichender Annäherung entsprechen. Für den variablen Winkel ζ eines gebrochenen Lichtstrahles mit dem Radiusvektor r ergiebt sich dann nach dem Brechungsgesetze die fundamentale Beziehung $r\ n\ sin\ \zeta$ = const. und hieraus durch Integration die Gleichung der „Lichtkurven" selbst in den Polarkoordinaten r und φ. Dieser Lösung wird die Gestalt einer Taylorschen Reihe gegeben, welche nach Potenzen des Winkelabstandes φ fortschreitet und die successiven Ableitungen $n^{(\lambda)}$ des Brechungsexponenten nach r im Beobachtungsorte oder besser die dimensionslosen „Refraktionskoefficienten" $k_\lambda = -\frac{r^\lambda n^{(\lambda)}}{n}$ rational als Parameter enthält. In analoge Reihen werden alle in Betracht kommenden Korrektionsgrössen, so die „Gesamtrefraktion", die „astronomische Höhen- und Horizontalrefraktion" entwickelt, wobei sich die Formeln von Bessel und Bauernfeind als specielle Annäherungen ergeben. Im zweiten, meteorologischen Teile der Arbeit wird an der Hand der Wärmetheorie und der meteorologischen Beobachtungen die wirkliche Abhängigkeit der Luftdichtigkeit und damit auch des Brechungsexponenten von der Höhe untersucht, wobei sich die vertikale Temperaturabnahme als wesentlich bestimmender Faktor erweist. Die verschiedenen hierüber existierenden Theorien und Formeln, namentlich die von Bauernfeind, werden kritisch beleuchtet und schliesslich die Refraktionskoefficienten explicite berechnet als Funktionen beobachtbarer Grössen. — Die Entwickelungen des Schriftchens sind überall klar und übersichtlich dargestellt und dürften bei ihrer Unabhängigkeit von speciellen Hypothesen für astronomische, geodätische und meteorologische Untersuchungen vielfach mit Vorteil Verwendung finden.

E. Zermelo.

Tagesereignisse.

Preisaufgaben der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft in Leipzig für die Jahre 1900—1903.

Mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion.

1. Für das Jahr 1900: Es wird eine eingehende Studie über die Ursachen gewünscht, welche die Richtung der Seitenaxen des Spross- und Wurzelsystems bedingen und herbeiführen.

2. Für das Jahr 1901: Die Theorie der quadratischen Differentialformen ist in einem wesentlichen Punkte zu vervollkommen.

3. Für das Jahr 1902: Die Gesellschaft wünscht, dass die in der Abhandlung von Poincaré „La méthode de Neumann et le problème de Dirichlet", 1896, enthaltenen Untersuchungen nach irgend welcher Seite hin wesentlich vervollkommnet werden möchten.

4. Für das Jahr 1903: Es sollen eingehende und einwandfreie experimentelle Untersuchungen angestellt werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Feststellung der Gesetze der lichtelektrischen Ströme liefern.

Der Jahresbericht, der ausführlichere Mitteilungen über die gestellten Preisaufgaben enthält, ist durch den Sekretär der Gesellschaft (für das Jahr 1900 Professor Dr. Karl Lamprecht, Leipzig, An der Bürgerschule 4) zu beziehen.

Der Preis für jede gekrönte Abhandlung beträgt 1000 Mk.

Personalien.

An der technischen Hochschule zu Charlottenburg hat sich Regierungsbaumeister Bruno Schulz als Privatdocent für das Lehrfach Geodäsie habilitiert.

Professor Tacchini, der bisherige Leiter des italienischen Bureaus für Meteorologie und Geodäsie, der sich besonders durch seine regelmässigen Sonnenbeobachtungen bekannt gemacht hat, ist von seinem Amte nach 40jähriger Dienstzeit zurückgetreten. Als Vertreter ist vorläufig Professor Luigi Palazzo bestimmt worden.

Die von Professor Dr. Ostwald in Leipzig für das Sommersemester 1900 angekündigte Vorlesung: „Über allgemeine und physikalische Chemie" wird an dessen Stelle von Dr. Rob. Luther gehalten werden.

Professor Dr. L. Boltzmann in Wien ist als Professor der theoretischen Physik an die Universität Leipzig berufen.

Die Rumford-Medaille hat die amerikanische Akademie für Künste und Wissenschaften dem Physiker Charles Brush verliehen.

Am 10. März starb in London der Meteorologe Georges James Symons.

Berichtigungen.

In dem in No. 27 mitgeteilten Vorlesungsverzeichnisse ist zu berichtigen unter:

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 g; Experimentalphysik I (Mechanik, Akustik und Optik), 5; Mathematische Theorieen der beiden flüssigen Aggregatzustände, 3; Praktikum (mit Heydweiller), 6.

Technische Hochschule München.

Das unter **Voit** angezeigte elektrotechnische Praktikum leitet **Heinke** als „Elektrotechnisches Praktikum I (Elektrische Messtechnik und Photometrie), 8". Das elektrotechnische Praktikum II (Maschinenmessungen), 8, leitet **Friese**.

Unter

Universität Freiburg

ist nachzutragen: **Königsberger**: Potentialtheorie, 2.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 30. | 28. April 1900. | 1. Jahrgang.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über das Zeemansche Phänomen in dem allgemeinen Falle eines beliebig gegen die Richtung der magnetischen Kraft geneigten Lichtstrahles. [1])

Von A. Righi.

I. Einleitung.

1. Die Veränderungen, welche das Linienspektrum eines Gases durch ein Magnetfeld erleidet, sind bisher nur für die zwei speciellen Fälle untersucht worden, dass das Licht sich parallel oder senkrecht zur Richtung der magnetischen Kraft fortpflanzt, nicht aber für den allgemeinen Fall einer beliebig gegen die magnetische Kraft geneigten Fortpflanzungsrichtung. Es war meine Absicht, das Studium des Zeemanschen Phänomens für diesen allgemeinsten Fall vorzunehmen; ich beginne damit, dasselbe in seiner einfachsten Gestalt zu betrachten, wie sie sich auf Grund der Lorentzschen Theorie voraussehen lässt. Die folgenden Darlegungen gelten darum vollständig nur für diejenigen Linien, welche, wenn das Licht sich senkrecht zu den Kraftlinien fortpflanzt, das normale Triplet erzeugen.

Freilich bietet die auf der Lorentzschen Theorie fussende Hypothese — dass nämlich die Schwingung eines lichtaussendenden Teilchens durch zwei entgegengesetzt cirkulare Schwingungen von den Schwingungszahlen $N+n$ und $N-n$ ersetzt wird, wenn N die ursprüngliche Schwingungszahl bezeichnet — zwar eine unmittelbare Erklärung des Zeemanschen Phänomens parallel zur Feldrichtung, nicht so leicht aber vermag sie von der Erscheinung senkrecht zur Feldrichtung Rechenschaft zu geben. Wie weiterhin gezeigt werden wird, braucht man jedoch nur die Schwingung des Teilchens im Raume zu betrachten, oder mit anderen Worten ausser den transversalen Komponenten auch diejenige parallel zur Fortpflanzungsrichtung zu berücksichtigen, so lässt sich aus jener Hypothese das Zeemansche Phänomen nicht allein für den Fall der transversalen Fortpflanzung ableiten, sondern auch für den allgemeinen Fall, welcher den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung bildet.

1) Auszug aus einer am 17. Dezember 1899 vor der Akademie der Wissenschaften in Bologna verlesenen Abhandlung.

II Das Zeemansche Phänomen in dem allgemeinsten Falle.

2. Um festzustellen, welche Schwingung von einem Ion der im Magnetfelde befindlichen Lichtquelle in einer beliebigen Richtung ausgesandt wird, gehe ich in folgender Weise vor. Ich zerlege die Schwingung, welche das Ion im Raume ausführt, so lange das Magnetfeld nicht besteht, in eine geradlinige Schwingung parallel zur Richtung der magnetischen Kraft und in zwei entgegengesetzt cirkulare Schwingungen in der zur Feldrichtung normalen Ebene; sodann setze ich in den Formeln für die beiden cirkularen Schwingungen an Stelle der Schwingungszahl N beziehungsweise $N+n$ und $N-n$. Danach berechne ich die Komponenten der drei Schwingungen längs dreier zu einander rechtwinkliger Axen, von welchen die eine in der Fortpflanzungsrichtung liegen soll. Die beiden zu dieser letzteren Richtung rechtwinkligen Komponenten stellen dann die durch das Magnetfeld veränderte Schwingung dar, welche sich in der betrachteten Richtung fortpflanzt.

Es sei O (Fig. 1) das schwingende Teilchen, Ov die Richtung der magnetischen Kraft, Oz die betrachtete Fortpflanzungsrichtung, Oy die Normale zur Ebene zOv, Ox die zur Ebene zOy senkrechte Richtung, und Ou die Senkrechte zur Ebene zOy. Die Geraden Ox und Ou liegen in der Ebene zOv, die wir Meridianebene nennen wollen. Es seien nun

1) $x = a \sin(\vartheta - \alpha),\ y = b \sin(\vartheta - \beta),\ z = c \sin(\vartheta - \gamma)$

die Komponenten der Schwingung des Ions parallel zur x-, y- und z-Axe, wenn kein Magnetfeld vorhanden ist, wobei $\vartheta = 2\pi t / T = 2\pi N t$ ist und T die Schwingungsdauer, N die Schwingungszahl pro Sekunde bezeichnen soll.

Da nun in jeder Richtung natürliches Licht ausgesandt wird, so gelten die Bedingungen[1])

$$M(a^2) = M(b^2) = M(c^2),$$

$$2)\ M[ab\cos(\alpha-\beta)] = o,\ M[ab\sin(\alpha-\beta)] = o,$$
$$M[ac\cos(\alpha-\gamma)] = o, \text{ etc.},$$

worin mit $M(a^2)$, $M[ab\cos(\alpha-\beta)]$ etc. die Mittelwerte von a^2, $ab\cos(\alpha-\beta)$ etc. für ein sehr kurzes, aber im Vergleich zu T langes Zeitintervall bezeichnet sind.

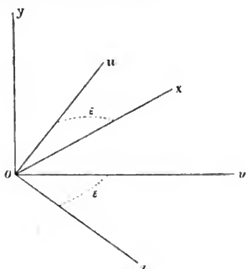


Fig. 1.

Bezeichnen wir mit ε den Winkel zOv, so ergeben sich die Komponenten nach den Axen Ou, Oy und Ov

$$u = a\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha) - c\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma),$$
$$y = b\sin(\vartheta-\beta),$$
$$v = a\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha) + c\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma).$$

und wenn wir $u = u_d + u_s$, $y = y_d + y_s$ setzen, können wir schreiben

$$\left\{\begin{aligned} u_d &= \frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha) - \frac{b}{2}\cos(\vartheta-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma), \\ y_d &= \frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\alpha) + \frac{b}{2}\sin(\vartheta-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\cos(\vartheta-\gamma), \end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} u_s &= \frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha) + \frac{b}{2}\cos(\vartheta-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma), \\ y_s &= -\frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\alpha) + \frac{b}{2}\sin(\vartheta-\beta) \\ &\quad + \frac{c}{2}\sin\varepsilon\cos(\vartheta-\gamma). \end{aligned}\right.$$

1) Mascart, Traité d'Optique, t. 1, S. 541.

Auf diese Weise ist die gegebene Schwingung durch die Schwingung v und die beiden cirkularen Schwingungen $(u_d\, y_d)$ und $(u_s\, y_s)$ ersetzt, von welchen die erstere rechts-, die letztere linkscirkular ist.

Bezeichnen wir nun mit U_d und Y_d die Werte, in welche u_d und y_d übergehen, wenn wir N durch $N+n$, oder ϑ durch $\vartheta+\omega$ (worin $\omega = 2\pi n t$ ist) ersetzen und andererseits mit U_s und Y_s die Werte, welche aus u_s und y_s hervorgehen, wenn $\vartheta-\omega$ an Stelle von ϑ gesetzt wird, so stellen die Komponenten U_d+U_s, Y_d+Y_s und $V=v$ die durch das Magnetfeld veränderte Schwingung dar; letzteres ist dabei als rechtsdrehend angenommen, d. h. dasselbe soll durch einen, für den von v nach O blickenden Beobachter rechtsläufigen Strom erzeugt sein. Bezeichnen wir ferner mit X, Y und Z die Komponenten in der Richtung der ursprünglichen Axen, so ergiebt sich

$$X = (U_d + U_s)\cos\varepsilon + V\sin\varepsilon,\ Y = Y_d + Y_s,$$
$$Z = -(U_d + U_s)\sin\varepsilon + V\cos\varepsilon,$$

und wenn

$$X_d = U_d\cos\varepsilon,\ X_s = U_s\cos\varepsilon,\ X_r = V\sin\varepsilon$$

gesetzt wird, so findet sich schliesslich

$$X_r = \sin\varepsilon[a\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha) + c\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\gamma)],$$

$$3)\ \left\{\begin{aligned} X_d &= \Big[\frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta+\omega-\alpha) - \frac{b}{2}\cos(\vartheta+\omega-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\sin(\vartheta+\omega-\gamma)\Big]\cos\varepsilon, \\ Y_d &= \frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta+\omega-\alpha) + \frac{b}{2}\sin(\vartheta+\omega-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\cos(\vartheta+\omega-\gamma), \\ X_s &= \Big[\frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\omega-\alpha) + \frac{b}{2}\cos(\vartheta-\omega-\beta) \\ &\quad - \frac{c}{2}\sin\varepsilon\sin(\vartheta-\omega-\gamma)\Big]\cos\varepsilon, \\ Y_s &= -\frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\omega-\alpha) + \frac{b}{2}\sin(\vartheta-\omega-\beta) \\ &\quad + \frac{c}{2}\sin\varepsilon\cos(\vartheta-\omega-\gamma). \end{aligned}\right.$$

Bezeichnen wir ferner mit $\mathfrak{J}_r$, $\mathfrak{J}_d$ und $\mathfrak{J}_s$ die Intensitäten der drei Schwingungen X_r, (X_d, Y_d) und (X_s, Y_s), und berücksichtigen wir die Gleichungen 2), so ergiebt sich, wenn wir noch $M(a^2) + M(b^2) = 2M(a^2) = \mathfrak{J}$ setzen,

$$4)\ \left\{\begin{aligned} \mathfrak{J}_r &= \tfrac{1}{2}\mathfrak{J}\sin^2\varepsilon \\ \mathfrak{J}_d &= \mathfrak{J}_s = \tfrac{1}{4}\mathfrak{J}(1+\cos^2\varepsilon). \end{aligned}\right.$$

Der Inhalt der Gleichungen 3) und 4) lässt sich folgendermassen in Worten ausdrücken:

Während bei Fehlen eines Magnetfeldes in jeder Richtung natürliches Licht von der Schwingungszahl N pro Sekunde ausgesandt wird, pflanzen sich bei Erregung des Magnetfeldes in einer Rich-

tung, welche mit derjenigen des Feldes einen beliebigen Winkel ε einschliesst, drei polarisierte Strahlen fort, und zwar ein Strahl mit geradlinigen Schwingungen, die in der Meridianebene vor sich gehen, deren Schwingungszahl gleich der ursprünglichen N, und deren Intensität gleich dem Produkt aus der ursprünglichen Intensität und $\frac{1}{2} \sin^2 \varepsilon$ ist, sowie zwei Strahlen mit elliptischen Schwingungen, deren Intensitäten gleich dem Produkt aus der ursprünglichen Intensität und $\frac{1}{4}(1 + \cos^2 \varepsilon)$ sind, und von welchen die eine rechtsläufig mit einer Schwingungszahl $N + n$ pro Sekunde, die andere linksläufig mit $N - n$ Schwingungen pro Sekunde ist. Beide haben die gleichen Ellipsen, die kleine Axe liegt bei beiden in der Meridianebene, und das Axenverhältnis ist $= \cos \varepsilon$.

Berücksichtigen wir die Beziehungen zwischen X_r und V, zwischen X_d und U_d, sowie zwischen X_s und U_s, so können wir das vorstehende Resultat auch durch das folgende ersetzen:

Man erhält die drei Schwingungen, welche das im Magnetfeld befindliche leuchtende Teilchen an Stelle der ursprünglichen, bei Fehlen eines Magnetfeldes stattfindenden Schwingung aussendet, indem man auf die zur Fortpflanzungsrichtung senkrechte Ebene, also die Wellenebene, die drei Schwingungen v, (u_d, y_d) und (u_s, y_s) projiciert, von welchen die erste geradlinig und parallel zu den Kraftlinien gerichtet ist, während die beiden anderen entgegengesetzt cirkular sind und in der zu den Kraftlinien senkrechten Ebene stattfinden, und welche zusammen der ursprünglichen Schwingung des Teilchens äquivalent sind; jedoch ist in den beiden cirkularen Komponenten dieser letzteren die Schwingungszahl N beziehungsweise durch $N + n$ und $N - n$ zu ersetzen.

3. Das erhaltene Resultat lässt noch eine andere Interpretation zu. Die transversalen Komponenten x, y der durch Gleichung 1) dargestellten Schwingung lassen sich in

$$x = x_r + x_d + x_s, \quad y = y_d + y_s$$

zerlegen, worin

$$x_r = \sin \varepsilon \left[a \sin \varepsilon (\vartheta - \alpha) + \cos \varepsilon \sin (\vartheta - \gamma) \right],$$

$$x_d = \left[\frac{a}{2} \cos \varepsilon \sin (\vartheta - \alpha) - \frac{b}{2} \cos (\vartheta - \beta) - \frac{c}{2} \sin \varepsilon \sin (\vartheta - \gamma) \right] \cos \varepsilon,$$

$$(5) \quad y_d = \frac{a}{2} \cos \varepsilon \cos (\vartheta - \alpha) + \frac{b}{2} \sin (\vartheta - \beta) - \frac{c}{2} \sin \varepsilon \cos (\vartheta - \gamma),$$

$$x_s = \left[\frac{a}{2} \cos \varepsilon \sin (\vartheta - \alpha) + \frac{b}{2} \cos (\vartheta - \beta) - \frac{c}{2} \sin \varepsilon \sin (\vartheta - \gamma) \right] \cos \varepsilon,$$

$$y_s = - \frac{a}{2} \cos \varepsilon \cos (\vartheta - \alpha) + \frac{b}{2} \sin (\vartheta - \beta) + \frac{c}{2} \sin \varepsilon \cos (\vartheta - \gamma)$$

zu setzen ist; und man braucht dann nur, um zu den Gleichungen (3) zu gelangen, in den Ausdrücken für x_d und y_d $\vartheta + \omega$ an Stelle von ϑ, und in den Ausdrücken für x_s und y_s $\vartheta - \omega$ an Stelle von ϑ zu setzen. Daraus ergiebt sich dann die folgende Regel:

An Stelle der Transversalkomponenten der Eigenschwingung des lichtaussendenden Teilchens setze man die drei folgenden, denselben äquivalenten Komponenten: 1. Eine in der Meridianebene stattfindende geradlinige Schwingung, deren Intensität gleich dem Produkte aus der Gesamtintensität des bei Fehlen des Magnetfeldes ausgesandten Lichtes und dem Faktor $\frac{1}{2} \sin^2 \varepsilon$ ist; 2. Zwei elliptische Schwingungen, welche sich nur dadurch unterscheiden, dass die eine rechtsläufig und die andere linksläufig ist; die kleine Axe der Ellipse liegt bei beiden in der Meridianebene, das Axenverhältnis ist $= \cos \varepsilon$ und die Intensität einer jeden ist gleich dem Produkt aus der Gesamtintensität des bei Fehlen des Magnetfeldes ausgesandten Lichtes und dem Faktor $\frac{1}{4}(1 + \cos^2 \varepsilon)$. Darauf ersetze man, während die Schwingungszahl der ersten Komponente unverändert bleibt, bei derjenigen elliptischen Schwingung, deren Bewegung derjenigen des magnetisierenden Stromes gleichgerichtet ist, die Schwingungszahl N durch $N + n$, bei der anderen ersetze man N durch $N - n$; so erhält man die transversalen Komponenten der unter dem Einfluss des Magnetfeldes ausgesandten Schwingung.

Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, dass für $\varepsilon = 0$ die vorstehende Regel in die für die Emission parallel zu den Kraftlinien gültige übergeht, während sie für $\varepsilon = 90^\circ$ dem anderen Hauptfalle, nämlich der Emission senkrecht zu den Kraftlinien entspricht. Dagegen wollen wir hervorheben, dass unter der Annahme $c = 0$, d. h. bei Nichtberücksichtigung der longitudinalen Komponente, die Intensität der seitlichen Linien gleich einem Achtel, an-

statt, wie sich aus der zweiten der Gleichungen (4) ergiebt, gleich einem Viertel der ursprünglichen Intensität gefunden würde.

4. Eine Eigenschaft, welche ich früher für den speciellen Fall des Zeemanschen Phänomens parallel zu den Kraftlinien nachgewiesen habe,[1]) lässt sich nunmehr verallgemeinern. Die Komponenten $X = X_r + X_d + X_s$, $Y = Y_d + Y_s$ und Z lassen sich folgendermassen schreiben:

$$X = x\,(\sin^2\varepsilon + \cos^2\varepsilon\cos\omega) + y\cos\varepsilon\sin\omega + z\sin\varepsilon\cos\varepsilon\,(1 - \cos\omega),$$

$$Y = -x\cos\varepsilon\sin\omega + y\cos\omega + z\sin\varepsilon\sin\omega,$$

$$Z = x\sin\varepsilon\cos\varepsilon\,(1 - \cos\omega) - y\sin\varepsilon\sin\omega + z\,(\cos^2\varepsilon + \sin^2\varepsilon\cos\omega).$$

Beobachtet man nun, welches die Koeffizienten von x, y und z in diesen drei Gleichungen sind, so erkennt man, dass die XYZ die nach den Axen Ox, Oy und Oz genommenen Komponenten der Schwingungen x, y und z sind, nachdem dieselben eine Drehung um einen Winkel ω im Sinne des magnetisierenden Stromes um die Richtung Ov als Drehungsaxe erlitten haben. Daraus ergiebt sich, dass die durch das Magnetfeld hervorgebrachte Wirkung identisch ist mit derjenigen, welche man erhält, wenn man mit der Eigenschwingung des lichtaussendenden Teilchens eine Rotation um die Feldrichtung verbindet, die sich im Sinne des magnetisierenden Stromes und mit einer Geschwindigkeit von n Drehungen pro Sekunde vollzieht.

Nunmehr tritt auch die Notwendigkeit, die longitudinale Komponente der ursprünglichen Schwingung zu berücksichtigen, deutlicher hervor, da diese Komponente ja infolge der Rotation ihren ursprünglichen Charakter nicht beibehält. So müssen beispielsweise in dem besonderen Falle der Emission senkrecht zu den Kraftlinien die beiden Komponenten y und z, welche beide um die Richtung der Komponente x rotieren, in gleichem Masse zur Erzeugung des Phänomens beitragen.

Man begreift ferner, weshalb die Lorentzsche Theorie nicht die einzige ist, welche man zur Erklärung des Zeemanschen Phänomens heranziehen kann. In der That bietet jede Theorie, welche die Annahme mit sich bringt, dass in dem Magnetfelde eine Rotationsbewegung um die Kraftlinien stattfindet und dass diese Rotation sich mit der Schwingungsbewegung zusammensetzt, ohne weiteres eine Erklärung des Zeemanschen Phänomens.

5. Die Veränderungen, welche das Zeemansche Phänomen schrittweise erleidet, wenn man von dem Falle, in welchem $\varepsilon = 90^0$ ist, zu dem Falle $\varepsilon = 0^0$ übergeht, sind nunmehr leicht zu verstehen. Ist $\varepsilon = 90^0$, so erscheinen im Spektrum an Stelle einer Emissionslinie deren drei, von welchen die mittlere, welche durch Schwingungen parallel zu den Kraftlinien hervorgebracht ist, die doppelte Intensität der beiden äusseren besitzt, deren Schwingungen senkrecht zu den Kraftlinien stattfinden. Bei abnehmendem Werte von ε verliert die mittlere Linie an Intensität, aber sie verdankt ihre Entstehung immer noch Schwingungen, welche parallel zu den Kraftlinien stattfinden, während die beiden seitlichen Linien nunmehr aus elliptischen Schwingungen (mit der grossen Axe senkrecht zu den Kraftlinien) bestehen und an Intensität zunehmen. Ist $tg\,\varepsilon = \sqrt{2}$ geworden, also $\varepsilon =$ ca. $54^0\,44'$, so haben die drei Linien gleiche Intensität. Bei weiterer Abnahme von ε sinkt die Intensität der mittleren Linie unter diejenige der beiden äusseren; bei $\varepsilon = 0^0$ ist die mittlere Linie ganz verschwunden, die beiden äusseren erreichen ein Maximum der Intensität und sind cirkularpolarisiert.

III. Experimentelle Belege.

6. Der Elektromagnet trägt zwei cylindrokonische Polansätze $ABCDE$ (Fig. 2), welche von konischen Spulen $FGLH$ umgeben sind;

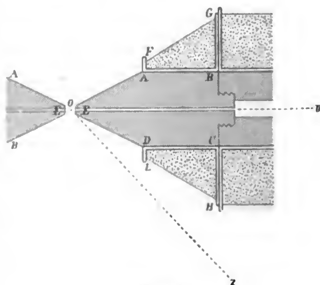


Fig. 2.

diese sind mit den Hauptspulen des Magnets in Serie geschaltet. Die Endflächen E sind ca. 1 cm weit von einander entfernt, und die Intensität des Magnetfeldes kann im Punkte O bis auf 12000 absolute Einheiten gebracht werden. Während die Richtung Oz des untersuchten Lichtes unverändert bleibt, kann der Winkel $zOv = \varepsilon$ in messbarer Weise geändert werden, indem der Apparat auf einem mit Gradteilung versehenen drehbaren Tische mon-

1) Rendic. R. Acc. dei Lincei (5) 7, 1. Sem., S. 301. 1898.

tiert ist. Die in O befindliche Lichtquelle ist durch eine Folge von Funken gebildet, welche zwischen fest angebrachten Metalldrähten übergehen und von einem grossen Induktionsapparat mit Kondensatoren und elektrolytischem Unterbrecher erzeugt werden. Die Drähte bestanden aus Zink oder aus Cadmium oder aus Magnesium; die Untersuchung betraf die Linie 4678 des Cadiums, die Linie 4680 des Zinks und die Linie 5167 des Magnesiums, welche sämtlich das normale Triplet liefern.

Der optische Apparat bestand aus einem grossen Rowlandschen Konkavgitter von 16 cm Breite und 644 cm Radius. Die Beobachtungen wurden im Spektrum zweiter Ordnung gemacht, in welchem die beiden Natriumlinien ungefähr 1—2 cm von einander abstehen.

7. Bis auf die durch die Reflexion verursachten Störungen zeigten sich die Beobachtungsresultate stets mit den theoretischen Erwartungen im Einklang. So erschienen bei $\varepsilon = 54^{0}44'$ die drei Linien des Triplets nicht von genau gleicher Intensität, sondern die Intensität der mittleren Linie erschien, wie zu erwarten, etwas geringer als diejenige der beiden anderen.

Beobachtet man bei nicht zu kleinem ε die Linien durch ein Nicol, so lassen sich durch geeignete Orientierung dieses letzteren die Intensitäten der drei Linien gleich machen.

Bringt man das Nicol in den Weg der Lichtstrahlen, bevor dieselben auf das Gitter fallen, so ist das Beobachtungsresultat mit den gegebenen Formeln in Übereinstimmung.

Auch der Wert $\cos\varepsilon$ des Verhältnisses zwischen den Axen der elliptischen Schwingungen der äusseren Linien wird durch die Beobachtung bestätigt. Aus der Theorie folgt nämlich ohne Schwierigkeit, dass mit Hülfe eines Analysators für elliptische Schwingungen (bestehend aus einer $\frac{\lambda}{4}$-Platte und einem Nicol) eine der beiden seitlichen Linien zum Verschwinden gebracht werden kann. Das Versuchsergebnis entspricht den Voraussetzungen, und die Linie a (Fig. 3), welche sich unter dem Einfluss des Magnetfeldes in das Triplet b verwandelt, erhält bei Anwendung eines geeigneten elliptischen Analysators das Aussehen c oder d.

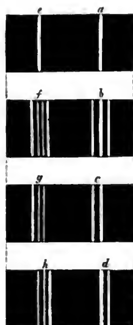


Fig. 3.

8. Obschon die hier entwickelte Theorie sich nur auf diejenigen Linien bezieht, welche das normale Triplet liefern, so scheint es doch, dass ihre Resultate auch für diejenigen Linien giltig bleiben, welche eine weitergehende Trennung darbieten. So zeigen die Linien 4800 des Cadmiums und 4722 des Zinks, welche unter dem Einfluss des Magnetfeldes je eine Gruppe f (Fig. 3) von vier Linien liefern, indem die mittlere Linie sich in zwei Komponenten spaltet, das Bild g oder h, wenn man den elliptischen Analysator in der beschriebenen Weise zur Anwendung bringt.

IV. Das Zeemansche Phänomen durch Absorption.

9. Die gefundenen Formeln gestatten im Verein mit dem Kirchhoffschen Prinzip auch das umgekehrte Phänomen für den allgemeinen Fall im voraus festzustellen. Ein Dampf, welcher Licht von der Periode $1:N$ zu absorbieren vermag, wird, wenn er unter der Einwirkung eines Magnetfeldes steht, geradlinige Schwingungen von der Periode $1:N$ absorbieren, welche parallel zur Feldrichtung stattfinden, ferner rechtsläufig elliptische Schwingungen von der Periode $1:(N+n)$, deren kleine Axe in der Meridianebene liegt und deren Axenverhältnis $=\cos\varepsilon$ ist, sowie linksläufig elliptische Schwingungen von der Periode $1:(N-n)$, deren kleine Axe ebenfalls in der Meridianebene liegt und deren Axenverhältnis ebenfalls $=\cos\varepsilon$ ist. Die Schwingung

$$x = a\sin(\vartheta-\alpha),\quad y = b\sin(\vartheta-\beta),$$

welche den Dampf durchsetzt, lässt sich in

$$x_r = a\sin^2\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha),$$

$$6)\quad\begin{cases} x_d = \cos\varepsilon\left[\frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha)-\frac{b}{2}\cos(\vartheta-\beta)\right], \\ y_d = \frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\alpha)+\frac{b}{2}\sin(\vartheta-\beta), \\ x_s = \cos\varepsilon\left[\frac{a}{2}\cos\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha)+\frac{b}{2}\cos(\vartheta-\beta)\right], \\ y_s = -\frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\alpha)+\frac{b}{2}\sin(\vartheta-\beta) \end{cases}$$

zerlegen. Wenn man nun mit X_N und Y_N die Komponenten der übrigbleibenden Schwingung von der Periode $1:N$, sowie mit $\mathfrak{J}_N$ die zugehörige Intensität bezeichnet, so findet man leicht

$$7)\quad X_N = a\cos^2\varepsilon\sin(\vartheta-\alpha),\quad Y_N = b\sin(\vartheta-\beta),\quad \mathfrak{J}_N = \mathfrak{J}-a^2(1-\cos^4\varepsilon).$$

In ähnlicher Weise ergeben sich für die übrigbleibenden Schwingungen von den Perioden $1:(N+n)$ und $1:(N-n)$ die Gleichungen

$$8)\quad\begin{cases} X_{N+n} = \frac{a}{2}(1+\sin^2\varepsilon)\sin(\vartheta+\omega-\alpha) \\ \qquad\qquad + \frac{b}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta+\omega-\beta), \end{cases}$$

$$8)\quad \begin{cases} Y_{N+n} = -\frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta+\omega-\alpha) \\ \qquad + \frac{b}{2}\sin(\vartheta+\omega-\beta), \\ \mathfrak{J}_{N+n} = \mathfrak{J} - \frac{3-\cos^2\varepsilon}{4}[a^2\cos^2\varepsilon + b^2 \\ \qquad - 2ab\cos\varepsilon\sin(\beta-\alpha)], \end{cases}$$

$$9)\quad \begin{cases} X_{N-n} = \frac{a}{2}(1+\sin^2\varepsilon)\sin(\vartheta-\omega-\alpha) \\ \qquad - \frac{b}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\omega-\beta), \\ Y_{N-n} = \frac{a}{2}\cos\varepsilon\cos(\vartheta-\omega-\alpha) \\ \qquad + \frac{b}{2}\sin(\vartheta-\omega-\beta), \\ \mathfrak{J}_{N-n} = \mathfrak{J} - \frac{3-\cos^2\varepsilon}{4}[a^2\cos^2\varepsilon + b^2 \\ \qquad + 2ab\cos\varepsilon\sin(\beta-\alpha)]. \end{cases}$$

Aus den Formeln 7), 8) und 9) liesse sich das in den verschiedenen möglichen Fällen von natürlichem oder in bestimmter Weise polarisiertem Lichte für die drei Linien mit partieller Absorption übrigbleibende Licht vollständig definieren. Unter Berücksichtigung der Gleichungen 2) findet man z. B. für den Fall, dass das den Dampf durchsetzende Licht nicht polarisiert ist,

$$\mathfrak{J}_N = \tfrac{1}{2}\mathfrak{J}(1+\cos^4\varepsilon),$$
$$\mathfrak{J}_{N+n} = \mathfrak{J}_{N-n} = \tfrac{1}{2}\mathfrak{J} + \tfrac{1}{8}\mathfrak{J}\sin^4\varepsilon.$$

10. Aus diesen Formeln lassen sich unter anderem die nachstehenden Folgerungen ziehen.

Besteht das Licht aus geradlinigen, zur Meridianebene rechtwinkligen Schwingungen, so muss von den drei Linien mit teilweiser Absorption die mittlere fehlen.

Besteht dagegen das Licht, welches den Dampf durchsetzt, aus elliptischen Schwingungen mit der grossen Axe in der Meridianebene und mit einem Axenverhältnis $= \cos\varepsilon$, so muss von den seitlichen Schwingungen diejenige mit der Periode $1:(N+n)$ oder diejenige mit der Periode $1:(N-n)$ verschwinden, je nachdem die elliptische Schwingung links- oder rechtsläufig ist.

11. Zu diesem Zwecke angestellte Versuche haben diese Folgerungen bestätigt und zugleich gezeigt, dass die Erscheinungen genau den von der Theorie geforderten Verlauf darbieten.

Da ich keinen Dampf ausfindig machen konnte, welcher sich zu dem Versuche eignete und das normale Triplet darbietet, so musste ich die Linie 5351 des Thalliums und die D_1-Linie des Natriums studieren, welche zu Quadruplets werden, sowie die D_2-Linie, welche eine Gruppe von sechs Linien liefert. Es lag aber Grund zu der Vermutung vor (s. das Ende des vorhergehenden Abschnitts), dass das Verhalten dieser Linien bis auf die Intensitäten den theoretischen Annahmen entsprechen würde.

Die Linien wurden in der Weise erzeugt, dass unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln ein das Chlorid des betreffenden Metalls enthaltendes Platinschälchen in eine zwischen den Magnetpolen befindliche Gebläseflamme gebracht wurde; der Zufluss von Luft und Leuchtgas zu dieser letzteren wurde sorgfältig reguliert.

Die Schlussfolgerungen des § 10 fanden sich genau bestätigt. So fehlten, wenn die Schwingungen des einfallenden Lichtes senkrecht zur Meridianebene stattfanden, die beiden mittleren Linien, welche die einfache Mittellinie des normalen Triplets vertreten. Wurde das einfallende Licht in der im § 10 angegebenen Weise elliptisch polarisiert, so zeigten die Linien D_1 und D_2, welche mit natürlichem Lichte das Bild f, bezw. l darbieten (Fig. 4), das Bild g oder h, bezw. m oder n.

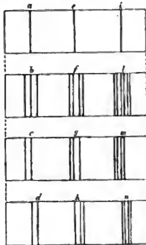


Fig. 4.

12. Es ist notwendig, dass die zu diesen Versuchen benutzte Flamme besonders schmale Absorptionslinien liefere. Verfährt man dagegen, wie dies mit dem gewöhnlichen Luftzugbrenner leicht zu erreichen ist, in der Weise, dass die Absorptionslinien sehr breit werden, und verwendet man ausserdem polarisiertes weisses Licht, so beobachtet man bei Benutzung eines Analysators komplizierte Erscheinungen, welche denjenigen ähneln, die unter analogen Bedingungen beobachtet wurden, wenn die Lichtstrahlen parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien gerichtet waren.

Die Erklärung dieser Erscheinungen erfordert die Berücksichtigung der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten verschiedenartig polarisierter Strahlen und wahrscheinlich auch einer elliptischen Doppelbrechung; doch will ich über diesen Punkt für jetzt keine weiteren Angaben machen.

(Eingegangen 4. April 1900.)

Über den Widerstand des Wehnelt-Unterbrechers.

Von C. Heinke.

Die Ausführungen des Herrn E. Ruhmer in No. 27 dieser Zeitschrift (vgl. S. 303) veranlassen mich unter Hinweis auf die experimentellen Belege in meinem Aufsatz „Über

Wellenstromerreger" (vgl. Annalen der Physik 1900, Bd. I, Seite 326 und 441) an dieser Stelle auf einige Punkte gesondert aufmerksam zu machen, welche sich auf die Frage des elektrischen Widerstandes beim Wehnelt-Unterbrecher beziehen.

Alle bisherigen Beobachtungen weisen wohl unzweideutig darauf hin, dass der „Widerstand" des Wehnelt-Unterbrechers beim Arbeiten eine periodische Funktion der Zeit ist, sodass innerhalb des Verlaufes jeder Periode die momentanen Widerstandswerte rasche Veränderlichkeit in sehr weiten Grenzen aufweisen, wodurch der Wehnelt-Unterbrecher als Wellenstromerreger zweiter Ordnung (vgl. Ann. d. Ph. Seite 460) charakterisiert ist. Wie bei allen periodisch rasch veränderlichen Grössen ist es durchaus naturgemäss, an Stelle der schnell aufeinander folgenden Momentanwerte praktisch wichtige Mittelwerte einzuführen. Die Zulässigkeit der Einführung von Mittelwerten bedingt aber ihre genaue Definition und, falls nötig, die scharfe Unterscheidung der verschiedenen etwa in Frage kommenden Mittelwerte von einander. Bisher war es üblich, unter der Bezeichnung (elektrischer) Widerstand schlechtweg den sog. Ohmschen Widerstand R_g zu verstehen, welcher für reinen Gleichstrom stets auch mit dem effektiven Widerstand R_e zusammenfällt, der für die Umsetzung in Wärme massgebend ist und durch die Beziehung von Joule aus $W = J^2 . R_e$ definiert wird, wenn W die aus der elektrischen Energieform in Wärme übergeführten Watt und J die Stromstärke in Ampère bezeichnet. Bei Wechselstrom ist einmal R_e von R_g verschieden, wenn im Felde des Stromkreises irgend welche Arbeit geleistet wird, sei es in Form von Ummagnetisierungsarbeit (Hysteresis), Wirbelströmen, oder einer anderen Energieumsetzung; ein zweites Mal tritt neben diese beiden Widerstandsbegriffe des Ohmschen oder Gleichstromwiderstandes R_g und des effektiven (Leistungs-) Widerstandes R_e noch ein weiterer Widerstandsbegriff als dritter. Es ist dies der Ausgleichwiderstand Z (Impedanz), welcher allgemein durch den Quotient der gemessenen Effektivwerte von Wechselspannung E an den Enden der fraglichen Kreislaufstrecke und Wechselstromstärke J in derselben gebildet wird und bisher vielfach als sog. scheinbarer Widerstand von dem Ohmschen unterschieden wurde.

Bei Bildung der Widerstandmittelwerte für die aus Gleich- und Wechselkomponenten zusammengesetzten elektrischen Ausgleichsvorgänge, wie sie der Wellenstrom — oben in dem Specialfall des Wehnelt-Unterbrechers — darbietet, muss nun zunächst einmal scharf zwischen jenen drei verschiedenen Widerstandsbegriffen unterschieden werden, da ihre Vermengung sonst unvermeidlich zu unrichtigen Schlüssen führt. Bei einem Wehnelt-Unterbrecher hätte man sonach vorerst folgende drei Widerstandsmittelwerte streng auseinander zu halten:

1) Der Ohmsche oder Gleichstromwiderstand $\overset{w}{R}_g$, praktisch gebildet durch den Ausbreitungswiderstand in der Flüssigkeitsschicht zwischen den beiden Elektroden, d. i. beim Platinunterbrecher der einmalige Ausbreitungswiderstand von der kleinen Platinoberfläche zu der grossen Ableitungselektrode, gewöhnlich Bleiplatte, und beim Lochunterbrecher nach Simon der Ausbreitungswiderstand auf beiden Seiten des „aktiven" Querschnittes. Gemessen wird dieser Mittelwert sehr angenähert durch Messung von Stromstärke $\overset{w}{J}_g$ und Spannung $\overset{w}{E}_g$ unmittelbar an den Klemmen des Wehnelt-Unterbrechers und zwar beide mit Instrumenten, welche galvanometrische Mittelwerte angeben. Streng genommen ist dieser Mittelwert $\overset{w}{R}_g$ durch die Gleichung

$$\overset{w}{R}_g = \frac{\overset{w}{E}_g - \overset{w}{E}_p}{\overset{w}{J}_g}$$

gegeben, wenn $\overset{w}{E}_p$ die Polarisationsspannung der Wasserzersetzung bezeichnet, doch verschwindet dieser kleine Fehler immer mehr, je höher die Betriebsspannung gewählt wird (vgl. a. a. O. Seite 334).

2) Der effektive oder Leistungsmittelwert $\overset{w}{R}_e$, welcher durch die Beziehung

$$\overset{w}{R}_e = \frac{\overset{w}{W}}{\overset{w}{J}^2}$$

definiert ist, wenn $\overset{w}{W}$ die im Wehnelt-Unterbrecher umgesetzten Watt und $\overset{w}{J}$ die effektiv gemessene Wellenstromstärke bezeichnet. Auch wenn man voraussetzt, dass keine merkliche Leistung im Felde stattfindet, was praktisch für die den Wehnelt-Unterbrecher allein darstellende Kreislaufstrecke wohl gewöhnlich zutreffen wird, so ist dennoch hier $\overset{w}{R}_e$ mit $\overset{w}{R}_g$ nicht übereinstimmend (vgl. a. a. O. die Tabellen II, III und VI auf Seite 339, bezw. 341, bezw. 447). Dies erklärt sich aus dem Umstande, dass die Momentanwerte der Stromstärke $\overset{w}{i}$ und des Widerstandes $\overset{w}{r}$ sich stets im entgegengesetzten Sinne ändern (vgl. hierzu Fig. 3 auf Seite 199 in No. 17 dieser Zeitschrift), so dass

$$\overset{w}{R}_e \cdot \overset{w}{J}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T (\overset{w}{i})^2 \cdot r \cdot dt, \text{ oder daraus } \overset{w}{R}_e = \frac{\overset{w}{W}}{\overset{w}{J}^2}$$

naturgemäss kleiner sein muss als der galvanometrische Mittelwert

$$\overset{w}{R}_g = \frac{\overset{w}{E}_g}{\overset{w}{J}_g}.$$

Die Grösse des Unterschiedes zwischen $\overset{w}{R}_e$ und $\overset{w}{R}_g$ ist von den Betriebsverhältnissen abhängig und wächst mit relativer Zunahme der Wechselkomponente (vgl. a. a. O. Tabelle VI). Auch hier ist der verhältnismässig kleine Energiebetrag, welcher nicht in Wärme übergeführt wird, sondern zur Wasserzersetzung dient, in dem Wert von $\overset{w}{R}_e$ enthalten.

3. Der Ausgleichwiderstand (sog. scheinbare Widerstand), wie er nach Analogie des Ohmschen Gesetzes sich aus den beiden effektiv gemessenen Grössen der Wellenstromstärke $\overset{w}{J}$ und der Wellenspannung $\overset{w}{E}$ unmittelbar an den Klemmen des Wehnelt-Unterbrechers ergiebt zu

$$\overset{w}{Z} = \frac{\overset{w}{E}}{\overset{w}{J}}.$$

Neben diesem Wellenstrom-Ausgleichwiderstand $\overset{w}{Z}$ könnte man natürlich noch weitere Widerstandswerte einführen durch Kombination von $\overset{w}{E}_g$ und $\overset{w}{J}$, oder $\overset{w}{E}$ und $\overset{w}{J}_g$, doch hätten dieselben ausser einem zwecklosen Definitions-Dasein keine praktische Bedeutung.

Der von Herrn E. Ruhmer aus seinen Messungen abgeleitete und durchgehends mit w bezeichnete Widerstandswert bezieht sich nun allem Anscheine nach auf keine der vorgenannten Widerstandsdefinitionen, sondern stellt, soweit für mich aus den gemachten Angaben ersichtlich, eine etwas komplizierte Grösse dar: nämlich die Beziehung der effektiv gemessenen und im Kreislauf einheitlichen Wellenstromstärke $\overset{w}{J}$ und, wie es scheint, einer galvanometrisch gemessenen Gleichspannung E, welche jedoch nicht an den Klemmen des Unterbrechers, sondern an Unterbrecher und Induktionsspule zusammen (d. i. zwischen Punkt 1 und 3 der Fig. 1 auf Seite 8 in No. 1, oder der Fig. 5 auf Seite 200 in No. 17 dieser Zeitschrift) gemessen ist. Selbst für den Fall, dass Selbstinduktion und Widerstand der Zuleitung nur so kleine Beträge besitzen, dass das gemessene E sich von dem effektiven Wert der Wellenspannung $\overset{w}{E}$ so wenig unterscheidet, dass beide ohne grösseren Fehler gleich gesetzt werden können, was aber auch nicht als allgemein giltig angenommen werden kann (vgl. namentlich hierzu a. a. O. unter III, Seite 345 ff.), würde der für w angeführte Wert nicht als Widerstand des Wehnelt-Unterbrechers bezeichnet werden können. Der angeführte Wert, welcher praktisch der Beziehung $w = \frac{E}{\overset{w}{J}}$ entspricht, wie eine kleine Nachrechnung ohne weiteres ergiebt, würde vielmehr sehr nahe den Ausgleichwiderstand oder scheinbaren Wellenstromwiderstand der Kombination von Wehnelt-Unterbrecher und Induktionsspule liefern. Die erhaltene Änderung dieses Wertes w mit der Änderung des Selbstinduktionskoeffizienten L und einer offenbar vorgenommenen Änderung des Vorschaltewiderstandes erklärt sich hiernach ohne weiteres aus dem Wellenstromcharakter des Ausgleichvorganges, liefert jedoch keinen sicheren Beweis weder gegen noch für die Annahme von Simon bezüglich des „Widerstandes" im Wehnelt-Unterbrecher, da der unter w angegebene Wert sich gar nicht auf den letzteren allein bezieht und ausserdem keinen der beiden wichtigsten Mittelwerte das ist: $\overset{w}{R}_g$ oder $\overset{w}{R}_e$ liefert; in keinem Falle entspricht er dem letzteren in Formel 2 auf Seite 304 benutzten und gleichfalls mit dem Symbol w bezeichneten Wert. Dass der Mittelwert des Widerstandes im Wehnelt-Unterbrecher nach jeder der drei obigen Definitionen, namentlich auch in seinem wichtigsten und nur mit Hülfe des Wattmeters, oder weniger genau einer kalorimetrischen Messung bestimmbaren effektiven Betrage ($\overset{w}{R}_e$), thatsächlich nicht unabhängig von den Betriebsbedingungen ist, sondern innerhalb weiterer Grenzen variiert, zeigen die Messresultate der oben mehrfach erwähnten Arbeit (vgl. auch daselbst die Anmerkung 2 auf Seite 335). Die Benutzung des Wattmeters zur Bestimmung der im Wehnelt-Unterbrecher umgesetzten elektrischen Leistung, oder auch nur die Messung der Teilspannungen E_g zwischen den verschiedenen Punkten des Stromkreises, besonders an den Enden des Wehnelt-Unterbrechers in Verbindung mit derjenigen der Stromstärke $\overset{w}{J}_g$ mit Hülfe von galvanometrischen Messinstrumenten hätte im obigen Fall die Abweichung von den angeführten Werten für w sofort ergeben.

(Eingegangen 9. April 1900.)

Personalien.

Vor kurzem starb in Davos der Privatdocent der Physik an der Universität Zürich Dr. G. H. v. Wyss.

Der Privatdocent Dr. Konr. Zindler in Wien wurde zum a. o. Professor der Mathematik in Innsbruck ernannt.

Am 3. April starb in Berlin der a. o. Professor der Chemie Geh. Regierungsrat Dr. Robert Schneider, 75 Jahre alt.

An der Universität Wien habilitierten sich Dr. Hasenöhrl und Dr. Steph. Meyer für Physik.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 31. 5. Mai 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über das elektrische Verhalten der Radiumstrahlen im elektrischen Felde.

Von Ernst Dorn.

Nachdem von Herrn Giesel die Ablenkung der Strahlung radioaktiver Substanzen durch den Magnet nachgewiesen war, konnte man in Analogie mit den Kathodenstrahlen auch eine Einwirkung des elektrischen Feldes erwarten.

Der thatsächliche Nachweis hierfür ist mir vor kurzem mit einer ziemlich primitiven Versuchsanordnung gelungen.

Die Konduktoren einer Influenzmaschine standen mit den Belegungen einer grossen Leydener Flasche und den Kugeln eines Funkenmikrometers in Verbindung. Durch Vermittelung eines Umschalters, dessen isolierende Teile aus Ebonit bestanden, waren an die Kugeln des Funkenmikrometers die beiden 6 cm im Durchmesser haltenden Platten eines Kohlrausch-Kondensators angeschlossen, sodass denselben eine wechselnde Ladung erteilt werden konnte.

Auf den Konduktoren wurden zwei Nähnadeln, mit den Spitzen gegeneinander gekehrt, befestigt.

Bei passender Entfernung derselben konnte man die Potentialdifferenz bis zur Entladung durch die (2—3 mm betragende) Funkenstrecke des Mikrometers steigern; verlangsamte man dann die Drehung ein wenig, so hielt sich die Potentialdifferenz nahe auf der der Schlagweite entsprechenden Höhe, ohne dass der Beobachter durch die überspringenden Funken belästigt wurde.

Eine grosse dünne Ebonitplatte blendete die an der Elektrisiermaschine auftretenden Lichterscheinungen ab.

Die radioaktive Substanz — etwa 0,5 g Brombaryum, von Herrn Giesel freundlichst geliehen — bedeckte mit 16 mm Durchmesser den Boden eines Aluminiumschälchens, welches in den oberen Teil eines massiven Bleicylinders eingelassen war.

Da der freie Abstand der Kondensatorplatten 14 mm betrug und ihr unterer Rand nur 13 mm oberhalb der strahlenden Substanz sich befand, entstand auf dem 2 cm oberhalb der Kondensatorplatten angebrachten *Ba Pt Cy*-Schirm ein heller Streifen, welcher den zwischen den Platten hindurchgegangenen Strahlen entsprach; Seitenlicht machte sich kaum bemerkbar.

Der Beobachter schob einen dunklen Papierstreifen soweit vor, dass die Lichterscheinung bis auf einen schmalen Rand verdeckt war, und suchte diejenige Kommutatorstellung, bei welcher dieser Rand breiter erschien. Dann wurde die Ladung auf beiden Kondensatorplatten geprüft. Der die Elektrisiermaschine drehende Gehilfe, welcher von der Handhabung des Kommutators nicht unterrichtet war, konnte auch die Lichterscheinung sehen; seine jedenfalls unbefangenen Angaben deckten sich ausnahmslos mit denen des Beobachters.

Diejenige Platte des Kondensators, nach welcher der Lichtschein hinwanderte, erwies sich stets als positiv; die Ablenkung erfolgt also in demselben Sinne wie bei den Kathodenstrahlen.

Es könnte der Einwand erhoben werden, dass die Veränderung der Lichterscheinung mit den Radiumstrahlen gar nichts zu thun habe, sondern durch rein elektrische Vorgänge hervorgerufen sei.

Zunächst konnte aber nie ein Leuchten wahrgenommen werden, wenn die Elektrisiermaschine in Abwesenheit der radioaktiven Substanz in Thätigkeit gesetzt wurde.

Ferner wiederholte ich den Hauptversuch mit dem gleichen Erfolge, nachdem ich die dem Kondensator zugewendete Rückseite des

Leuchtschirmes mit einer zur Erde abgeleiteten Metallbelegung versehen hatte, die oberhalb der Kondensatorplatten aus Aluminiumfolie von 0,003 mm Dicke, im übrigen aus Staniol bestand.

Die oben beschriebenen Versuche sind in der Zeit vom 24. Februar bis 9. März angestellt und eine Mitteilung darüber unter dem 11. März in den Schriften der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle in Druck gegeben.

Inzwischen hat Herr Becquerel messende Beobachtungen über den gleichen Gegenstand der Pariser Akademie unter dem 26. März vorgelegt.[1])

Unter der — wahrscheinlich wenigstens angenähert richtigen — Voraussetzung, dass die von ihm gewonnenen Zahlenwerte auch für meine Versuche gültig sind, habe ich die zu erwartende Verschiebung des Bildes bei diesen berechnet.

Die Radiumstrahlen mögen betrachtet werden als elektrisch geladene, mit grosser Geschwindigkeit sich bewegende Massen.

In Anlehnung an die Betrachtung des Herrn Lenard[2]) werde das Feld auf der Strecke c zwischen den Kondensatorplatten konstant gleich F, ausserhalb derselben gleich Null angenommen.

Die Ablenkung eines Strahles, der senkrecht zu den Kraftlinien eintritt und in einem Abstande ξ vom Kondensator auf einem zu seiner ursprünglichen Richtung senkrechten Schirm aufgefangen wird, findet man leicht:

$$y = \frac{\varepsilon F}{v^2 \mu}\left[\frac{c^2}{2} + c\xi\right],$$

wenn bedeutet

μ die Raumdichte der bewegten Massen,
ε die Raumdichte der elektrischen Ladung auf denselben,
v die Geschwindigkeit der Bewegung.

Herr Becquerel erhielt nun $\mu v/\varepsilon = 1600$, $v = 1{,}6 \cdot 10^{10}$ *cm/sec*.

Der Schlagweite von 3 mm zwischen Kugeln von 1 cm Durchmesser entspricht nach Herrn Paschen die Potentialdifferenz 38,94 in elektrostatischem Masse, also, da die Kondensatorplatten 1,4 cm von einander entfernt waren, die Feldstärke $38{,}94/1{,}4 = 27{,}82$ elektrostatisch, welche Zahl zur Reduktion auf das elektromagnetische Masssystem noch mit 3×10^{10} zu multiplizieren ist.

Setzt man endlich noch $c = 6$ cm, $\xi = 2$ cm, so findet man

$$y = 0{,}98 \text{ cm}.$$

Indessen übersieht man leicht (am bequemsten mit Hülfe einer Zeichnung), dass wegen der nur 1,4 cm betragenden Entfernung der Kondensatorplatten ein grosser Teil der Strahlen von der positiven Platte aufgefangen wird.

Mit Hülfe einer in ihren Grundlagen einfachen, aber in der Ausführung etwas umständlichen Rechnung habe ich unter Berücksichtigung der schief einfallenden Strahlen gefunden, dass die Verschiebung der Bildränder 0,33 cm an der negativen und 0,24 cm an der positiven Seite betragen müsste.

Die Lichterscheinung auf dem Schirm konnte nur mit ausgeruhtem Auge im vollkommen verdunkelten Zimmer beobachtet werden. Unter diesen Umständen ist es äusserst schwierig, quantitative Angaben zu machen; indessen schien die beobachtete Verschiebung 2—3 mm zu betragen, mit der später durchgeführten Rechnung wenigstens der Grössenordnung nach in Übereinstimmung.

Es ist mir gelungen noch in einer anderen Hinsicht eine Ähnlichkeit im Verhalten der Radium- und Kathodenstrahlen festzustellen.

In Analogie mit der von Herrn Lenard (Wied. Ann. 65, 1898, S. 509 oben) mitgeteilten Beobachtung sollte man eine Zunahme der Helligkeit der Fluorescenz erwarten, wenn Radiumstrahlen sich gegen die Kraftlinien eines elektrostatischen Feldes bewegen, bei umgekehrter Richtung eine Abnahme.

Der Versuch wurde in der Weise angestellt, dass aus der oben beschriebenen Anordnung der Kohlrausch-Kondensator entfernt und an den Umschalter einerseits der unten mit der Metallbelegung versehene Leuchtschirm, andererseits das die radioaktive Substanz enthaltende, oben mit Aluminiumfolie überdeckte Metallgefäss angeschlossen wurde, sodass der Schirm sich 3 bis 5 cm über der Folie befand.

Der Erfolg entsprach der Voraussicht.

Halle, 14. April 1900.

(Eingegangen 17. April 1900.)

1) H. Becquerel, Comptes rendus, T. 130, S. 809, 1900.
2) Lenard, Wied. Ann. 64, S. 279, 1898.

Über photoelektrische Kathodenstrahlen.[1])

Von Ernest Merritt und Oscar M. Stewart.

Die neueren Untersuchungen haben gezeigt, dass die Kathodenstrahlen, wie bekanntlich die photoelektrische Entladung, in der Emission negativer Ionen ihre Ursache finden. Bei atmosphärischem Druck bewegen sich die Ionen, die von einem bestrahlten negativ geladenen Metall emittiert werden, verhältnismässig langsam: sie zeigen also keine grosse Ähnlichkeit

1) Erscheint demnächst ausführlich in Phys. Rev.

mit den Kathodenstrahlen. Die Geschwindigkeit der Ionen nimmt aber bei abnehmendem Drucke zu. Dieses von Rutherford[1]) direkt nachgewiesene Verhalten der Ionen wurde auch durch die früheren Versuche von Righi[2]) angedeutet, da er bei niedrigem Drucke fand, dass die Bahn der Ionen von den Kraftlinien abwich und sich der Normalen zu der geladenen Oberfläche näherte. Das Verhalten der Ionen bei niedrigem Druck erinnert also an das Verhalten der Kathodenstrahlen. Betrachtet man den hemmenden Einfluss des magnetischen Feldes auf die photoelektrische Entladung, so tritt noch eine weitere Ähnlichkeit zwischen den beiden Erscheinungen hervor. Die Herren Elster und Geitel[3]) haben darauf aufmerksam gemacht, dass eine solche Einwirkung des magnetischen Feldes infolge einer Ablenkung der Ionen zu erwarten wäre. Die Erscheinung könnte also als das Analogon der magnetischen Ablenkung der Kathodenstrahlen angesehen werden. Ist diese Erklärung die richtige, so hat das Verhältnis e/m, nach den Versuchen von Herrn J. J. Thomson,[4]) ungefähr denselben Wert, wie bei den negativ geladenen Teilchen der Kathodenstrahlen.

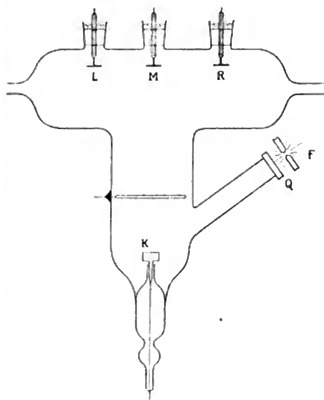
Die oben erwähnten Betrachtungen haben uns zu der Vermutung geführt, dass die Bestrahlung einer negativ geladenen Oberfläche bei genügend geringem Druck im stande sei, wahre Kathodenstrahlen zu entwickeln. Wir haben uns deshalb bemüht, das Vorhandensein der bekannten Eigenschaften der gewöhnlichen Kathodenstrahlen auch bei der photoelektrischen Entladung experimentell nachzuweisen. Bis jetzt ist es uns gelungen, sowohl die magnetische und elektrostatische Ablenkung der photoelektrischen Kathodenstrahlen, wie auch die durch sie erregte Ionisierung der Luft, festzustellen. Wahrscheinlich wegen der geringeren Intensität der Strahlen haben wir bisher keine sichtbare Fluorescenz beobachten können.

Magnetische Ablenkung.

Vermittelst einer Trockensäule wurde die aus amalgamiertem Zink bestehende Kathode K des Vakuumrohres bis zu einem negativen Potential von 100 bis 1500 Volt geladen. Kurzwelliges Licht von der Funkenstrecke F, durch die Quarzplatte Q in das Rohr hinein tretend, bestrahlte die polierte Oberfläche der Kathode. Als Anode diente ein abgeleiteter Ring aus Aluminium, welcher sich etwa 3 cm oberhalb der Kathode befand.

1) Camb. Phil. Soc. Proc. 9, S. 401, 1898.
2) Acc. dei Lincei 6, p. 81. Beiblätter 14, S. 1167.
3) Wied. Ann. 41, S. 166.
4) Phil. Mag. 48, S. 547, 1899.

Wurde nun die Kathode bestrahlt, so erhielt die Elektrode M eine negative Ladung. Ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien senkrecht zur Bahn der Ionen standen, setzte die Ladungsgeschwindigkeit herab. Bei genügender Feldstärke war eine Ladung des M nicht mehr wahrzunehmen. Diese Einwirkung des magnetischen Feldes ist schon früher von Herrn J. J. Thomson beobachtet worden. Sie findet zwar ihre einfachste Erklärung in der von Thomson gemachten Annahme einer Ablenkung der Ionen, könnte aber auch als Folge einer Herabsetzung der entladenden Wirkung



des Lichtes angesehen werden. Es liess sich aber leicht zeigen, dass das von uns gebrauchte relativ schwache Feld keinen merklichen Einfluss auf den photoelektrischen Strom ausübte.

Einen einwandsfreien Beweis für die magnetische Ablenkung der photoelektrischen Kathodenstrahlen liefert die Thatsache, dass die auf L oder R erhaltene Ladung unter Einwirkung des magnetischen Feldes zunahm. Um diese Wirkung deutlich zu zeigen, musste die Feldstärke einen bestimmten Wert besitzen, welcher vom Potential der Kathode abhängt. Bei passender Feldstärke wurde die auf M erhaltene Ladung verkleinert, während zu gleicher Zeit die auf L erhaltene Ladungsstärke zunahm. Bei Umkehrung der Feldrichtung blieb das Verhalten von M ungeändert, es befand sich aber die stärkere Ladung nicht auf L, sondern auf R. Bei zunehmender Feldstärke nahm die

Ladung von *L* bezw. *R* wieder ab, wohl weil die Strahlen jetzt zu stark abgelenkt wurden. Die Richtung der Ablenkung stimmte mit der der gewöhnlichen Kathodenstrahlen überein. Die Ablenkung war auch von derselben Grössenordnung als diejenige der Kathodenstrahlen. Bei hoher Spannung der Kathode erwiesen sich die photoelektrischen Strahlen „steifer" als bei niedriger Spannung.

Ionisierung der Luft.

Die Kathodenstrahlen besitzen bekanntlich die Fähigkeit, die Luft und andere Gase elektrisch leitend zu machen, mit anderen Worten zu ionisieren. Um festzustellen, dass die photoelektrischen Strahlen dieselbe Fähigkeit besitzen, kommt es hauptsächlich darauf an, das Vorhandensein positiver Ionen nachzuweisen. Dass negative Ionen vorhanden sind, ist schon bekannt, denn solche sind die Träger der photoelektrischen Entladung.

Als Elektrode in diesen Versuchen diente statt *M* ein sorgfältig isolierter Draht *D*, welcher von einem Messingcylinder *C* umgeben war. Die photoelektrischen Strahlen durchstrahlten den Zwischenraum zwischen *C* und *D*. Stand *C* in Verbindung mit der Erde, so erhielt *D* eine kleine negative Ladung, welche in kurzer Zeit nach Beginn der Bestrahlung ihren Maximalwert erreichte. Der kleine Wert des Maximalpotentials liefert schon einen Beweis, dass positive Ionen vorhanden waren. Denn ohne die entladende Wirkung positiver Ionen wäre das Potential des Drahtes am Ende gleich dem der Kathode geworden.

Bei konstanter positiver Ladung des Cylinders erhielt *D* unter Einwirkung der photoelektrischen Strahlen eine positive Ladung. Es liess sich leicht zeigen, dass diese Ladung nicht durch mangelhafte Isolierung verursacht wurde. Sie konnte also nur von der leitend gewordenen Luft getragen werden, und zwar von positiven Ionen. Wurde *C* negativ geladen, so kehrte sich der Strom zwischen *C* und *D* um. Wurden die photoelektrischen Strahlen durch Einwirkung eines Magneten abgelenkt, so hörte der Strom sofort auf. Die Leitfähigkeit der Luft rührte also nicht von der Diffusion derjenigen Ionen, welche in anderen Teilen des Rohres erzeugt wurden, sondern vielmehr von der direkten Einwirkung der photoelektrischen Strahlen her.

Elektrostatische Eigenschaften.

Im Laufe der Experimente über die Leitfähigkeit der Luft haben wir eine Reihe von Versuchen ausgeführt, welche das Ziel hatten, die Beziehung zwischen Stromstärke und Spannung festzustellen. Bei der elektrolytischen Leitung der Gase wächst bekanntlich die Stromstärke nicht so rasch wie die elektromotorische Kraft, sondern sie nähert sich bei zunehmender Spannung einem Grenzwert. Wir hatten das nämliche Verhalten in dem hier betrachteten Fall erwartet. Ein ähnliches Verhalten wurde auch in der That beobachtet, aber in etwas komplicierter Form. Wurde nämlich *C* stark negativ geladen, so war der Strom zwischen *C* und *D* kleiner als der Strom, welcher bei niedriger Spannung beobachtet wurde. Betrug z. B. der Potentialunterschied zwischen *C* und *D* ca. 1000 Volt, so war der Strom um die Hälfte kleiner als bei einer Spannung von nur 100 Volt. Dies überraschende Verhalten ist leicht erklärlich, wenn man die elektrostatischen Kräfte berücksichtigt. Die negativ geladenen Teilchen, welche die photoelektrischen Strahlen bilden und die Ionisierung des Gases verursachen, werden von dem negativ geladenen Cylinder *C* abgestossen. Infolgedessen war die Anzahl der Teilchen, die in die Nähe von *C* und *D* gelangen, kleiner bei hoher Spannung des Cylinders als bei niedriger Spannung desselben. Eine kleinere Leitfähigkeit des Gases wäre also im ersten Fall zu erwarten.

(Eingegangen 24. April 1900.)

Über Metallkrystallisation, hervorgerufen durch die elektrische Überführung gewisser Metalle in destilliertem Wasser.[1]

Von Thomas Tommasina.

Bei der Wiederaufnahme des Studiums der im vorigen Jahre von mir beschriebenen Bildung von Ketten elektrolytischer Niederschläge beobachtete ich vor kurzem den rein krystallinischen Charakter einiger dieser Niederschläge.

Die gewählte Anordnung ist sehr einfach: Die Elektroden bilden zwei Platten aus dem Metall, dessen Niederschlag man erhalten will. Die Kathode, von einer dünnen, zweimal im entgegengesetzten Sinne rechtwinkelig gebogenen Platte gebildet, taucht teilweise in einen gläsernen Behälter voll destillierten Wassers ein. Die Anode, die ein Draht oder auch eine dünne Platte sein darf, verjüngt sich an dem einen Ende in eine Spitze, und wird an dem anderen Ende an einem leicht verstellbaren Stativ so befestigt, dass man sie ins Wasser bis zur Berührung mit der Kathode eintauchen und ohne Erschütterung wieder herausziehen kann. Um die Niederschläge während ihrer Bildung leicht mit der Lupe beob-

1) C. R. vom 5. Februar 1900.

achten zu können, sind die Wände des Behälters parallel. Die beiden Elektroden sind mit den Klemmen eines Kommutators verbunden, damit man die Richtung des Stromes schnell und ohne Erschütterung wechseln kann. Als Batterie genügen drei geladene Akkumulatoren; man muss aber, um die Stromstärke auf mindestens 1 Milliampère herabdrücken zu können, einen genügend starken Widerstand einschalten. Um schliesslich jede Spur von Oxyd oder Säure auf den Platten zu vermeiden, habe ich diese immer wieder mit Feile und Messer geglättet und dann noch in destilliertem Wasser abgewaschen. Sind die Platten ganz rein, so tritt der Niederschlag sofort nach der Berührung ein und zwar stets in baumartig verästelter Form. Einen scharf ausgeprägten und selbst dem blossen Auge sichtbaren krystallinischen Niederschlag erhält man am besten im destillierten Wasser mit Zinkelektroden. Unter dem Mikroskope sieht man deutlich die dreieckigen oder rhomboiden Flächen der Metallkrystalle des Zinks. Sie haben einen äusserst lebhaften Glanz, ähnlich gut polierten Silberflächen. Die meisten Krystalle haben eine lamellare Gestalt und sind angeordnet wie Schuppen oder wie Blätter von Pilzen, wie Nadeln, stark in die Länge gezogene Prismen oder wie rechtwinkelige Lamellen, die mit einer Grundfläche an einem Punkte aufsitzen und sich fächerförmig ausbreiten.

Während der Überführung des Metalles bemerkt man keine sichtbare Spur eines freiwerdenden Gases. Nach einer gewissen Zeit indessen oxydieren sich die Platten und der Niederschlag nimmt nicht mehr zu. Dann tritt, ausgehend von der Kathode, eine Entwickelung von Gasblasen auf.

Nimmt man die Anodenplatte aus dem Wasser heraus und taucht sie nach einer Reinigung wieder ein, so beginnt sofort die Bildung des Niederschlages, während die Gasentwicklung aufhört.

Kupfer giebt zweierlei Niederschläge, einen roten und einen schwarzen. Silber giebt auch baumartige Niederschläge; seine Krystalle indessen sind kleiner und weniger glänzend wie die von Zink. Einigemale beobachtete ich zwischen den beiden Elektroden in Form einer Säule eine Art von Nebel, in dem man mit dem Mikroskope ganz kleine Metallkrystalle bemerken konnte. Die baumartigen Niederschläge bilden sich, falls dieser Nebel auftritt, in dessen Innern bedeutend schneller.

Ich stellte fest, dass in der Nebelsäule Ketten kleiner polarisierter Krystalle entstehen, die einen sehr biegsamen Leiter darstellen. Aluminium giebt überhaupt keinen sichtbaren Krystallniederschlag; indessen zeigt es eine ihm eigentümliche interessante und merkwürdige Erscheinung. Es bildet einen baumartigen Niederschlag von Gasblasen, die polarisiert und starr erscheinen und sich gegenseitig durchflechten, gerade wie man es bei den eben beschriebenen Metallkrystallisationen beobachtet. Ich konnte noch nicht feststellen, ob diese polarisierten Blasen Aluminium in ganz fein verteiltem Zustande enthalten.

Ich bin aber der Ansicht, dass diese Beobachtungen durch ihre Art und ihre einfache Versuchsanordnung neue Grundthatsachen zu Untersuchungen über die Ionenbewegung und über Mass und Schnelligkeit derselben liefern können. Vielleicht lassen sie sich zur Aufhellung gewisser Punkte der osmotischen Theorie der Zelle verwerten, vorausgesetzt, dass die auf Grund der Van't Hoffschen und Pfefferschen Messungen aufgestellten Gesetze sich umso besser bewahrheiten, je verdünnter die Lösungen sind.

(Aus dem Französischen übersetzt von B. Agricola.)

(Eingegangen 6. April 1900.)

Über die Selbstentfrittung der Kohle, und über die Anwendung dieser Entdeckung auf telephonische Apparate zum Auffangen der Zeichen bei der drahtlosen Telegraphie.

Von Thomas Tommasina.

In einer Mitteilung an die Pariser Akademie der Wissenschaften, vom 13. März 1899, habe ich einen sehr empfindlichen Kohlenkohärer beschrieben, der durch einfache Stromunterbrechung, ohne Erschütterung, die durch die Wirkung der Wellen auf seinen Stromkreis angenommene Leitfähigkeit verliert. Die beobachtete Entstehung von Ketten aus Kohlenkörnern hatte mich zu diesem Resultate gelangen lassen.

Neue Versuche auf diesem Gebiete, die mich gegenwärtig beschäftigen, haben mich zur Entdeckung einer Thatsache geführt, die bisher meines Wissens noch nicht mitgeteilt ist. Es ist das die Selbstentfrittung eines gewissen Kohlenstaubes. Unter Selbstentfrittung verstehe ich das sofortige Verschwinden des nach der Wirkung einer Hertzschen Welle eintretenden Zusammenhängens der Körner, wenn keinerlei Einfluss dabei mitwirkt, auch kein elektrischer, wie etwa das Unterbrechen des Stromes, von dem ich oben gesprochen habe.

Der Kohlenstaub, dessen ich mich bediente, ist der in den Mikrophonen der Schweizerischen Telephonstationen verwendete. Ich hatte eine sehr kleine Menge davon zwischen zwei cylindrische Kohlenstäbe von 5 mm Durchmesser gebracht, die mit sanfter Reibung in ein Glas-

rohr hineingesteckt waren. Man konnte so leicht den Staub mehr oder weniger zwischen den rechtkantig abgeschnittenen und polierten Kohlenstäben zusammenpressen.

Nach vielen Versuchen gelang es, selbstthätige Entfrittung zu erzielen, aber sehr unregelmässig; denn man musste noch sehr oft zu einer Erschütterung oder zur Stromunterbrechung seine Zuflucht nehmen. Da ich annahm, dass die Trägheit des Relais die Ursache dieses unregelmässigen Verhaltens sei, und da ich ferner dachte, das Relais und die zweite Batterie würden vollständig überflüssig sein, wenn es gelänge, eine automatische Entfrittung, ohne Hülfe einer Erschütterung, oder sonst einer Einwirkung zu erzielen, so entfernte ich beides aus meiner Anordnung. An ihrer Stelle habe ich einfach einen gewöhnlichen telephonischen Empfänger in den Stromkreis des Kohärers eingeschaltet. Das Ergebnis dieser Änderung war sehr günstig; es traten Kohärerwirkungen nur noch während einiger Sekunden oder Bruchteilen einer Sekunde auf, die dann immer ohne Erschütterung verschwanden.

Ich kam dann auf den Gedanken, einen Kohärer von besonderer Form zu konstruieren, der in der Telephonhülle selbst untergebracht werden konnte: Aus einer Ebonitplatte von 2,5 mm Dicke schnitt ich ein Rechteck von 12×15 mm aus, bohrte in seiner Mitte eine cylindrische Öffnung von 2 mm Durchmesser recht sauber aus und machte mit der Feile auf der Mittellinie jeder der beiden Rechtecksflächen parallel ihrer längeren Seite eine Rinne. Ein mit Seide umsponnener Neusilberdraht von 2 mm Dicke wurde durch die Öffnung geschlungen, in die Rinnen gelegt und auf der Aussenseite um sich selbst zusammengedreht. Ein zweiter gleichartiger Draht wurde in derselben Weise dem ersten gegenüber befestigt. Die beiden Drähte wurden vorher abgeschabt und blank geputzt, soweit sie in der cylindrischen Öffnung verliefen. Diese wurde auf der einen Seite durch ein gut auf das Ebonit aufgekittetes Stück Glimmer geschlossen und alsbald fast vollständig mit gut getrocknetem Kohlenstaub gefüllt. Eine zweite Glimmerscheibe wurde in derselben Weise auf der zweiten Seite des Apparates festgemacht, der so einen Kohärer bildete. Seine Elektroden waren die beiden Neusilberdrähte, die bei einem gegenseitigen Abstand von ca. 1 mm durch den Kohlenstaub in Kontakt standen. Ich nahm dann den Deckel eines telephonischen Empfängers ab, schnitt den Draht des einen Elektromagneten durch und schaltete den Kohärer in seinen Stromkreis ein, indem ich ihn so befestigte, dass er die vibrierende Membran nicht berührte.

Nach einigen Versuchen arbeitete der Apparat aufs Vollkommenste mit einem einzigen galvanischen Element und zeigte sich ebenso empfindlich, wenn nicht empfindlicher, wie die besten Metallpulverkohärer mit Metallelektroden. Allgemein bewirkt der Kontakt zwischen Kohle oder zwischen Metall und Kohle die Selbstentfrittung. Denn man erhält solche selbstentfrittenden Kohärer von mehr oder weniger grosser Empfindlichkeit, wenn man den Neusilberdraht durch Silber-, Platin-, Gold- oder sonstigen Metalldraht ersetzt, ja auch, wie ich weiter oben gezeigt habe, mit Kohleelektroden, zwischen die Kohlestaub gebracht ist; schliesslich auch mit Kohleelektroden bei zwischen gebrachtem Metallpulver. Aber da, wie oben erwähnt, bei dem Kohärer mit Kohlestaub die Zwischenhöhlung fast vollständig ausgefüllt war, so wirkt dieser Empfänger gleichgut in allen Stellungen. Hält man das Ohr an das so abgeänderte Telephon, so hört man bei jedem Funken des Oscillators ein sehr deutliches Knacken, welches auch im übrigen die Geschwindigkeit der Zeichen sei.

Das Kohlepulver an Stelle des Metallfeilichts giebt, abgesehen von dem unschätzbaren Vorteile der Selbstentfrittung, dem Kohärer eine Dauerhaftigkeit, die ihm ein unbedingt zuverlässiges Funktionieren sichert, auch mit einem so starken Strom, wie er von drei hintereinandergeschalteten Akkumulatoren geliefert wird. Das lässt mich hoffen, es werde gelingen, die Zeichen durch einen direkt in den Stromkreis des Kohärers eingeschalteten Morseapparat aufzuzeichnen; eine Anordnung, welche vielleicht das Problem einer schnellen Übertragung von Zeichen durch Hertzsche Wellen zu seinem Endziel bringen würde.

Die Empfindlichkeit des Telephonkohärers ändert sich in umgekehrtem Sinne, wie der Abstand der Elektroden in dem Hohlraum und wie die Zahl und Grösse der Staubkörner. Der Apparat, welcher für seinen Betrieb nur ein Taschentrockenelement bedarf, wird vielleicht im Kundschafterdienste der Armee nützliche Verwendung finden.[1])

Abgesehen von diesem unleugbaren praktischen Nutzen scheint mir die Selbstentfrittung der Kohle die Schlussfolgerungen über das Kohärerphänomen zu bestätigen, die ich in C. R. vom 3. Juli 1899 veröffentlicht habe.

1) Das Patent auf den Apparat ist Eigentum des Herrn Dr. Paul Galopin, Rue de Holland 12, Genf.

(Aus dem Französischen übersetzt von Hermann Th. Simon.

(Eingegangen 18. April 1900.)

REFERATE.



R. Luther, Untersuchungen über umkehrbare photochemische Vorgänge. Habilitationsschrift Leipzig, Ostw. Ztschr. **30**, 628, 1899 und Arch. wiss. Phot. **2**, 35 u. 59, 1900.

Durch die wertvollen Untersuchungen Luggins[1]) war bereits nachgewiesen worden, dass die Belichtung von Halogensilberelektroden bestimmte Gleichgewichtspotentiale erzeugt, welche ein Mass der Belichtungsintensität sind. Dass diese Potentiale bestimmte Drucke resp. Konzentrationen von durch Licht abgespaltenem Halogen repräsentieren, ist auch bereits von Luggin ausgesprochen worden, wenn auch in Zweifel gezogen wurde, ob die Abspaltung des Halogens durch das Licht als umkehrbar derart anzusehen sei, dass sich im Dunkeln das ursprüngliche Halogensilber wieder zurückbilde.[2]) Luther greift das Problem zunächst so an, dass er Platten mit einer Belegung von bindemittelfreiem Chlor- und Bromsilber, und bespült von Halogenlösungen verschiedener bekannter (sehr kleiner) Konzentrationen, längere Zeit durch ein Röhrenphotometer mit möglichst konstantem Tageslicht belichtet, sodass unter den verschiedenen Röhren verschiedene Lichtintensitäten lange genug gewirkt hatten, um den ihnen entsprechenden Gleichgewichtszustand zu erzeugen. So erschienen jedesmal bis zu einer gewissen Minimalintensität sichtbare Schwärzungen, während die geringeren Intensitäten das Halogensilber unverändert gelassen hatten. Dass dieser Zustand einem wirklichen Gleichgewichtszustand entsprach, wurde einerseits dadurch erwiesen, dass durch Entwicklung die Anzahl der Flecken nahezu unverändert blieb, andererseits dadurch, dass eine ohne Halogenlösung bis zum Erscheinen aller Photometernummern vorbelichtete Platte bei Belichtung im Kontakt mit der Halogenlösung dieselbe Zahl von geschwärzten Flecken aufwies, wie eine nicht vorbelichtete Platte bei gleicher Exposition.

So wurden folgende Resultate gefunden:

	Chlorsilber/Chlor			Bromsilber/Brom		
Bruchteil der klaren oder schwach bewölkten Himmelshemisphäre, dessen senkrechtes Licht um Mittag herum im Sommer zur Belichtung dient	3 Millionstel	8 Millionstel	16 Millionstel	45 Millionstel	180 Millionstel	360 Millionstel
Konzentration des Halogens, welche der obigen Lichtstärke das Gleichgewicht hält	$^1/_{10}$ Millimol pro Liter	1 Millimol pro Liter	10 Millimol pro Liter	$^1/_{10}$ Millimol pro Liter	1 Millimol pro Liter	10 Millimol pro Liter
Druck des gasförmigen Halogens, welcher der obigen Lichtstärke das Gleichgewicht hält	$^1/_{1000}$ Atm.	$^1/_{100}$ Atm.	$^1/_{10}$ Atm.	—	—	—

Nachdem so die Umkehrbarkeit der photochemischen Wirkung erwiesen war, wurde zur Charakterisierung des Lichtwirkungsproduktes ermittelt, welches Halogenpotential nötig ist, um das geschwärzte Halogensilber auszubleichen. Variable Halogenpotentiale von genügender Kleinheit wurden durch Gemische veränderlicher Zusammensetzung von Kaliumchromat, Chromsulfat, Säure und Halogenionen erhalten und durch eine Platinelektrode (gegen Normalelektrode) gemessen. Es ergab sich, dass das zum Ausbleichen des Chlorsilbers erforderliche Chlorpotential 1,44 Volt, das des Broms zum Bleichen des Bromsilbers 1,14 Volt im Dunkeln übersteigen muss, und zwar fand sich das wichtige Resultat, dass die gleichen „Bleichlösungen" ebenso wohl das latente unsichtbare, wie das durch direkte Schwärzung wahrnehmbare Bild entweder völlig zerstörten, oder völlig intakt liessen, sodass geschlossen werden muss, dass die Substanz des sichtbaren und des latenten Bildes (beide natürlich in unentwickeltem Zustande) identisch ist, das latente Bild also nur wegen der geringen Menge des gebildeten Lichtreduktionsprodukts nicht wahrnehmbar ist.

Das Gleichgewichtspotential des Halogens im Dunkeln ist nun von demjenigen Halogenpotential abzuziehen, welches gemäss obiger Tabelle von einer Lichtintensität gerade überwunden wird, um die maximale chemische Arbeit zu erhalten, die von dieser Lichtintensität bei Herstellung des photochemischen Gleichgewichts geleistet wurde. Die Zahlen wurden (in Volt) dadurch erhalten, dass ebenso wie vorher die Bleichlösungen, auch die Halogenlösungen (mit Platinelektroden gegen Normalelektrode) gemessen wurden, welche während der Belichtungen die Halogensilberschichten bespülten. Die so erhaltenen Kurven, welche die Halogenpotentiale (in Volt) als Funktion der sie erzeugenden Lichtintensitäten darstellen, haben eine sehr auffällige Form, da sie für die untersuchten Lichtintensitäten Variationen des Chlorpotentials von 1,58 bis 1,67 Volt und des Brompotentials von 1,26 bis 1,37 Volt geben, also

1) Luggin, Ostw. Ztschr. **23**, 577. 1897. Bihg. Svensk. Akad. **25**, I No. 1. 1899.

2) Eders Jahrb. 1898, S. 164.

rund je 0,1 Volt. Die für die geringsten Lichtintensitäten gefundenen Potentiale liegen aber bereits mehr als 0,1 Volt vom Dunkelpotential entfernt, trotzdem die geringste Lichtintensität nur etwa $^1/_{30}$ der grössten beträgt. Darnach wäre der photochemische Effekt des ersten $^1/_{30}$ der Lichtintensität ebenso gross, wie der der folgenden $^{29}/_{30}$ zusammen. Es erscheint dem Referenten sehr wünschenswert, die Messungen auf dieses Gebiet kleinster Lichtintensitäten auszudehnen, da nach den Erscheinungen der photochemischen Induktion und vielen verwandten Erfahrungen viel eher eine vielmals kleinere als eine vielmals grössere photochemische Wirkung geringer Lichtintensitäten zu erwarten ist. Aus diesem Grunde dürften alle auf die Form der Funktion zwischen Lichtintensität und Halogenpotential bezüglichen Erwägungen noch mit Vorbehalt aufzunehmen sein, insbesondere da sie weder mit Messungen von Luggin noch mit der weiterhin zu besprechenden Theorie des Verfassers selbst im Einklang stehen.

Der Betrag des Gleichgewichtshalogenpotentials der lichtgeschwärzten Silberhaloide wurde ferner zur Ermittelung der chemischen Natur des Schwärzungsproduktes benutzt. Es ergab sich nämlich, dass das Halogenpotential (gemessen an einer Platinelektrode) in einer Flüssigkeit mit bekannter Menge feinverteilten Silbers dann die für die Bleichlösungen (1,44 resp. 1,14 Volt) gefundenen Werte sprungweise erreichte, nämlich 1,45 resp. 1,20 Volt, wenn gerade die Hälfte der dem Silber äquivalenten Menge Halogen zugesetzt worden war. Die Halogenpotentiale entsprechen somit den Verbindungen Ag_2Cl und Ag_2Br, einem Silbersubchlorid und -subbromid, welche demnach in den bindemittelfreien Platten als die Substanz sowohl des latenten Bildes wie des direkt sichtbaren Schwärzungsproduktes anzusehen sind. Der Verlauf der Halogenpotential-Kurven vor und nach dem Sprung erweist durch seine Horizontalität (Konstanz der Halogendissociationsspannungen über Subhaloid und normalen Haloid) überdies, dass keine festen Lösungen der normalen und Subhaloide sich bilden. Der Verfasser bezeichnet übrigens die letzteren Messungen als vorläufige, und teilt demnach auch die genannten wichtigen Schlüsse über die Natur des Lichtwirkungsproduktes mit aller Reserve mit, da gegen die Existenz der Subhaloide wichtige Bedenken vorliegen.

Die Versuche, eine Umkehrbarkeit der photochemischen Lichtwirkung derart zu erweisen, dass durch Halogenbehandlung des Lichtreduktionsproduktes eine Lichtstrahlung zurückgewonnen würde, blieben bisher ohne Erfolg.

Der zweite Teil der Lutherschen Abhandlung bezweckt, auf der von Boltzmann, Galitzine und W. Wien entwickelten Theorie der Strahlungsenergetik fussend, eine allgemeine Theorie der umkehrbaren photochemischen Wirkungen abzuleiten. Es werden die anschaulichen Begriffe von Strahlungskonzentration, Strahlungsdruck und Lösungsvermögen für Strahlung eingeführt, welche sämtlich Temperaturfunktionen sind, und es wird durch Betrachtung eines geeigneten Kreisprozesses mittels Wänden, die Substanz aber nicht Strahlung durchlassen, gezeigt, dass ein chemisches Gleichgewicht zwischen Stoffen von verschiedenem Lösungsvermögen für strahlende Energie durch Bestrahlung in dem Sinne verschoben werden muss, dass sich ein Teil der Komponenten mit niederer Strahlungskapazität in solche mit höherer umwandelt. Diese letztere, das Lösungsvermögen für Strahlung, ist eine Funktion des Brechungskoeffizienten für die betr. Strahlung. Darin liegt gleichzeitig die allgemeine Bedingung für die Lichtempfindlichkeit eines chemischen Gleichgewichts, die demnach an eine Verschiedenheit der Strahlungslöslichkeit in den Komponenten des Gleichgewichtssystems gebunden ist. Die nähere Ausführung dieser Gedanken ist im Original einzusehen.

R. Abegg.

(Eingegangen 31. März 1900.)

Tagesereignisse.

Benekesche Preisstiftung.

Für das Jahr 1903 stellt die Fakultät folgende Preisaufgabe:

Es wird auf experimenteller Grundlage eine kritische Untersuchung solcher komplexer chemischer Verbindungen gewünscht, welche sich durch die gewöhnlich angenommenen Wertigkeitsbeziehungen nicht oder nur gezwungen erklären lassen. Die Untersuchung hat namentlich Rücksicht darauf zu nehmen, wie weit bei der Bildung solcher Verbindungen das Auftreten von Molekularadditionen eine Rolle spielt und ob es möglich ist, von den komplexen Verbindungen eine abgerundete Systematik zu schaffen.

Bewerbungsschriften sind in einer der modernen Sprachen abzufassen und bis zum 31. August 1902 auf dem Titelblatt mit einem Motto versehen, an uns einzusenden, zusammen mit einem versiegelten Briefe, der auf der Aussenseite das Motto der Abhandlung, innen Namen, Stand und Wohnort des Verfassers anzeigt.

Der erste Preis beträgt 3400 Mk., der zweite 680 Mk.

Die Zuerkennung der Preise erfolgt am 11. März 1903 in öffentlicher Sitzung der philosophischen Fakultät zu Göttingen.

Göttingen, den 28. März 1900.

Die philosophische Fakultät.
Der Decan. F. Leo.

Personalien.

Professor Boltzmann in Wien hat den an ihn ergangenen Ruf nach Leipzig angenommen.

Professor Eugen Meyer in Göttingen wurde zum Herbst als Professor der Mechanik an die technische Hochschule in Charlottenburg berufen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 32. 12. Mai 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den elektrischen Widerstand von Bleiamalgamen bei tiefen Temperaturen.[1])

Von George W. Gressmann.

Der Zweck nachstehender Versuche war ein doppelter. Erstens sollte der Temperaturkoefficient des Widerstandes einiger Bleiamalgame bestimmt und zweitens deren Erstarrungspunkt durch die grosse Widerstandsabnahme ermittelt werden, die dann eintritt, wenn das Amalgam vom flüssigen in den festen Zustand übergeht. Dazu wurden verschiedene Amalgame dargestellt, deren Bleigehalt von 0—25 Prozent variierte. Das betreffende Amalgam kam in eine kleine *U*-Röhre und wurde darin mit Hülfe des Gemisches feste Kohlensäure und Äther bis zu einer unterhalb seines Erstarrungspunktes gelegenen Temperatur abgekühlt. Die Messung des Widerstandes, die durch die Methode des Spannungsabfalls geschah, wurde sowohl während der Abkühlung des Amalgams als während seiner Wiedererwärmung vorgenommen. Die Temperatur wurde mit Hülfe einer kleinen Kupferdrahtspule gemessen, die um die ganze *U*-Röhre gewickelt war.

In jedem einzelnen Falle war der Erstarrungspunkt des Amalgams genau durch eine plötzliche Änderung des Widerstands gegeben; in manchen Fällen betrug der Widerstand des festen Amalgams nur ein Fünftel desjenigen des flüssigen Amalgams. Bei einer Zunahme des Bleigehaltes erniedrigte sich der Betrag der Widerstandsabnahme beim Gefrieren, wie überhaupt der Erstarrungspunkt der Amalgame höher als der des reinen Quecksilbers gefunden wurde, und sich speciell von der Menge des gelösten Bleis abhängig zeigte. Der Temperaturkoefficient der Amalgame zwischen gewöhnlichen Temperaturen und dem Erstarrungspunkt war annähernd konstant. Alle Bemühungen jedoch, quantitative Resultate zu erhalten, schlugen fehl, indem der Betrag des absoluten Widerstands der Amalgame häufig 1 Prozent grösser war, nachdem dasselbe bis zu seinem Erstarrungspunkt abgekühlt gewesen war. Immerhin zeigen die Ergebnisse, dass einer Vermehrung des Prozentgehalts an Blei eine Abnahme des Temperaturkoefficienten entspricht. Bei dem 25 prozentigen Amalgam ist letzterer sehr klein. Dieses Amalgam, das übrigens nur halbflüssig ist, zeigt ungefähr bei 32^0 C. einen eigentümlichen Sprung der Widerstandskurve. Für Temperaturen unterhalb dieses Punktes ist der Koefficient positiv, während er für Temperaturen zwischen 30^0 und 90^0 anscheinend negativ ist. Für keine Temperatur jedoch zwischen -10^0 und $+90^0$ unterschied sich der Widerstand um mehr als $1\frac{1}{2}$ Prozent von demjenigen bei gewöhnlicher Temperatur. Dieses konzentrierte Amalgam ist nicht homogener Natur, sondern besteht aus mindestens 2 Bestandteilen, die verschiedene Eigenschaften besitzen.

Physikalisches Institut d. Cornell Universität.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 21. März 1900.)

1) Ausführlich in Physical Review 9, Juli 1899.

Über die Bestimmung der Unterbrechungszahlen der Flüssigkeitsunterbrecher.

Von E. Ruhmer.

Zur Bestimmung der Unterbrechungszahl der neuen Flüssigkeitsunterbrecher sind verschiedene Methoden angewendet worden:

Anfänglich wurde von Wehnelt und vom Verfasser die stroboskopische Bestim-

mungsweise[1]) benutzt; diese etwas umständliche Methode lässt wegen der Unregelmässigkeit in der Unterbrechungsfolge und wegen der oft unzureichenden Lichtintensität des Unterbrechungsfunkens im Unterbrecher, in Bezug auf Genauigkeit der Ermittelung viel zu wünschen übrig. Besser ist die photographische Methode. Sie ist in verschiedener Weise zur Anwendung gelangt:

1. Wehnelt fixiert photographisch die im rotierenden Spiegel beobachteten Kurven des Luminescenzfleckes einer Braunschen Röhre.[2])
2. N. Federico und P. Baccei registrieren die Drehung der Polarisationsebene eines polarisierten Lichtbündels, das ein vom Strom durchflossenes Solenoid durchsetzt.[3])
3. H. Th. Simon und J. West zählten die Sekundärfunken eines durch einen Flüssigkeitsunterbrecher betriebenen Funkeninduktors, durch mutoskopische Aufnahme auf einer bewegten photographischen Platte.[4])
4. Verfasser zählte photographisch die im Unterbrecher selbst auftretenden Unterbrechungsfunken.[5])

Wenn nun auch diese photographischen Methoden an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig lassen und in speciellen Fällen unentbehrlich sind, so kann man doch nicht behaupten, dass sie in der Anwendung bequem wären.

Ich selbst habe neuerdings mit gutem Erfolge den Phonographen verwendet, der gleichzeitig die Unregelmässigkeit der Unterbrechungen zu beurteilen gestattet, wenn man bei der Wiedergabe die Wachswalze viel langsamer rotieren lässt als bei der Aufnahme; man hört dann die Unregelmässigkeit verhältnismässig besser als bei dem Unterbrecher selbst. Allein eine sehr viel elegantere und einfachere als diese phonographische, für die Praxis in den meisten Fällen ausreichende Methode ergiebt sich unter Benutzung des von W. König[6]) zur Beobachtung langsamer elektrischer Schwingungen angegebenen Kunstgriffs.

Diese Staubfigurenmethode benutzte wohl zuerst Wehnelt zur Bestimmung der Unterbrechungszahl eines Flüssigkeitsunterbrechers; ich habe dieselbe in folgender, etwas veränderter Form verwendet und bewährt gefunden.

Eine kreisrunde, ebene Scheibe von Messingblech ist auf ihrer oberen Seite und am Rande mit Papier beklebt und dieses mit schwarzem Schellack gestrichen. Die mit Lycopodium möglichst gleichmässig bestäubte Scheibe wird auf den Rand eines gedrehten Rädchens gelegt, welches am Ende einer senkrecht stehenden, durch ein Uhrwerk in Rotation versetzten Welle befestigt ist.

Durch einen auf der senkrechten Welle befindlichen Centrifugalregulator, eine an diesem sitzende Scheibe und eine verstellbare Feder



Fig. 1.

kann die Umdrehungsgeschwindigkeit der bestäubten Scheibe beliebig eingestellt werden, wird aber, einmal eingestellt, vom Regulator auf der gleichen Geschwindigkeit gehalten, so lange das Uhrwerk aufgezogen ist. Die Umdrehungszahl wird mittelst eines Tachometers bestimmt.

Auf der rotierenden Lycopodiumscheibe schleift durch sein eigenes Gewicht angedrückt die abgerundete Spitze eines Drahthakens, dem durch eine Axe mit daran befestigtem Haken von der Federwelle des Uhrwerks aus mittelst eines Zapfens eine Bewegung vom Mittelpunkt der Scheibe nach dem Rande hin erteilt wird. Während dieser langsamen und gleichförmigen Bewegung des Drahthakens dreht sich die Scheibe selbst mit grosser Geschwindigkeit und so wird erreicht, dass die Drahthakenspitze in dem Lycopodiumstaub der Scheibe eine spiralförmige Rinne zieht. Diese Spirale

1) A. Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 240 (1899); E. Ruhmer, Elektrotechn. Zeitschr. 1899, Heft 26, S. 456.

2) A. Wehnelt und B. Donath, Wied. Ann. 69, S. 861 (1899).

3) N. Federico und P. Baccei, Rendiconti R. Accademia dei Lincei 1899, (5), VIII (2), 347.

4) H. Th. Simon, Wied. Ann. 68, S. 275 (1899); Jul. H. West, Elektrotechn. Zeitschrift 20, S. 747–750 (1899).

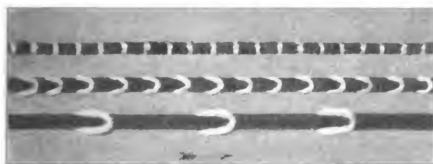
5) E. Ruhmer, diese Zeitschr. I. No. 19, S. 212, 1900.

6) Walter König, Über Methoden zur Untersuchung langsamer elektrischer Schwingungen. Wied. Ann. 67, S. 535 (1899).

erscheint als gleichmässig schwarze Linie auf gelbgrauem Grunde.

Verbindet man vor dem Gebrauch die Rotationsaxe mit dem negativen Pol, den schleifenden Drahthaken mit dem positiven Pol des arbeitenden Unterbrechers, so wird die nunmehr von dem Drahthaken gezeichnete Spirallinie durch viele Lycopodiumhäufchen unterbrochen. Figur 1 zeigt eine solche Scheibe in Autotypie nach photographischer Aufnahme mit der für die Bestimmung günstigen Form der Staubfiguren. Jedes Lycopodiumhäufchen entspricht genau einer Unterbrechung des Stromes im Unterbrecher, und es lassen sich durch Zählung auf einer oder mehreren Windungen der Spirale, mit der vorher ermittelten Tourenzahl der Scheibe die Unterbrechungen recht genau ermitteln.

Figur 2 giebt die Form der Häufchen in vergrössertem Massstabe wieder und lässt gleichzeitig den Einfluss der Selbstinduktion auf die Ausprägung der Figuren erkennen.



⟶ Bewegungsrichtung der Scheibe.

Fig. 2.

Diese Methode wird sich in allen den Fällen zur Zählung der Unterbrechungen gut bewähren, wo die in dem Stromkreis enthaltene Selbstinduktion verhältnismässig gross ist; z. B. bei dem Betriebe eines Funkeninduktors. —

Berlin, April 1900.

(Eingegangen 14. April 1900.)

Über eine von Thoriumverbindungen emittierte radioaktive Substanz.[1])

Von E. Rutherford.

G. C. Schmidt[2]) hat gezeigt, dass Thoriumverbindungen eine in ihren photographischen und elektrischen Wirkungen den Uran- und Röntgenstrahlen ähnliche Strahlung aussenden. Eingehender hat Owens[1]) die durch diese Strahlen hervorgerufene elektrische Leitfähigkeit untersucht. Ich habe gefunden, dass die Thoriumverbindungen ausser der gewöhnlichen Strahlung fortdauernd radioaktive Teilchen aussenden, die ihre Aktivität mehrere Minuten behalten.

Am stärksten zeigt das Oxyd diese Wirkung, doch kommt sie in einem gewissen Grade allen untersuchten Thorverbindungen zu.

Wenn eine Lage gepulverten Thoroxydes in der Dicke von einigen Millimetern auf eine geladene Platte gestreut und mittels eines Elektrometers der Strom zwischen dieser und einer parallelen Platte gemessen wurde, so fand man, dass der Strom durch schwache Luftbewegungen in der Umgebung sehr stark beeinflusst wurde. Wenn das Thoroxyd nicht in ein Gefass eingeschlossen ist, so ist der in einem offenen Raum hervorgebrachte Strom sehr veränderlich. Bläst man mittels eines Gebläses einen langsamen stetigen Luftstrom zwischen den Platten hindurch, so wird die Entladungsgeschwindigkeit etwa auf ein Drittel des Wertes bei ruhender Luft herabgesetzt. An diesem Resultat wird nichts geändert, wenn man die Potentialdifferenz der Platten sehr stark erhöht. Legt man zwei Lagen gewöhnlichen Schreibpapiers auf das Thoroxyd, so kann sich bei gleich bleibender Geschwindigkeit des Luftstromes die Entladungsgeschwindigkeit auf weniger als $^1/_{20}$ vermindern.

Bei einer sehr dunnen Lage von Thoroxyd beeinflusst ein Luftstrom die Entladung nur wenig. Bei einer dicken Lage aktiven Materials reduziert eine 0,008 cm dicke Papierschicht die Entladungsgeschwindigkeit auf 0,74 ihres anfanglichen Wertes, dagegen hat die Hinzufügung von weiteren 10 Schichten nur sehr wenig Einwirkung auf den Strom. Dagegen wurde bei einer dünnen Oxydschicht der Strom auf 0,08 seines Wertes vermindert durch eine einzige Papierschicht. Diese Erscheinungen lassen sich vollständig erklären, wenn wir annehmen, dass die aktive Substanz ausser der gewöhnlichen Strahlung eine grosse Menge aktiver Teilchen aussendet. Diese Teilchen diffundieren allmählich durch das Gas und dünne Metallblätter und sehr leicht durch Pappdeckel oder Papier und werden zu Ionisationscentren im Gase. Sie werden vom elektrischen Felde nicht beeinflusst, da sie selbst keine Ladung haben, und werden

1) Ausführlich in Phil. Mag. Jan. 1900.
2) G. C. Schmidt, Wied. Ann. 65, 141, 1898.

1) Owens, Phil. Mag. Okt. 1899.

infolgedessen sehr leicht durch einen schwachen stetigen Luftstrom fortgetrieben. Es wird also durch den Luftstrom die Zahl der zwischen den Platten gebildeten Ionen vermindert. Die „Emanation“[1]) vermag durch einige Millimeter gepulverten Thoroxydes zu diffundieren, so dass für eine dicke Oxydschicht der von der Emanation herrührende Strom vielleicht doppelt so stark ist als der von der gewöhnlichen Strahlung erzeugte. Dagegen ist bei dünnen Lagen die von der Emanation herrührende Entladung nur ein kleiner Teil der Gesamtwirkung.

Mittels eines Luftstromes wurden die radioaktiven Teilchen in ein in einiger Entfernung vom Thorium befindliches Prüfgefass befördert, das aus zwei konzentrischen Metallcylindern bestand. Nach Unterbrechung des Luftstromes wurde in gleichmässigen Intervallen die Entladungsgeschwindigkeit zwischen den Cylindern bestimmt. Auf diese Weise ergab sich, dass die Strahlungsintensität in geometrischer Progression mit der Zeit abnahm. Die Zeit, innerhalb deren die Strahlung auf die Hälfte ihres Wertes herab sank, war etwa 1 Minute. Der von der Emanation herrührende Strom zwischen den Platten erlangt einen konstanten Wert, wenn der von der allmählichen Verminderung der Aktivität bewirkte Intensitätsverlust gerade kompensiert wird durch die von dem aktiven Material neu ausgegebenen radioaktiven Centra.

Die Emanation behält ihre Aktivität auch, wenn sie durch Baumwolle filtriert oder durch Wasser und durch Schwefelsäure hindurchgetrieben ist.

Erhitzt man das aus Nitrat hergestellte Thoroxyd einige Stunden auf hohe Temperatur, so verliert es in hohem Masse seine Fähigkeit, die Emanation von sich zu geben.

Die Emanation kann nicht aus sehr kleinen Staubteilchen bestehen, da sie sehr leicht durch dicht gepackte Baumwolle hindurchgeht und auch nicht als Kondensationskerne bei der gewöhnlichen Dampfkondensation wirkt. Die Anwesenheit der Emanation in einer Vakuumröhre ändert weder den Druck in der Röhre noch das Aussehen des Spektrums. Da das Vermögen, die Emanation auszusenden, durch längeres Erhitzen stark vermindert wird, so scheint es wenig wahrscheinlich, dass die Emanation aus Thoriumdampf besteht. Dieser Schluss wird gestärkt durch die Resultate einer späteren Abhandlung,[2]) in der gezeigt wird, dass die Thorverbindungen temporäre Aktivität in allen umgebenden Körpern hervorbringen und dass zur Entstehung dieser Aktivität die Gegenwart der Emanation notwendig ist. Die erregte Strahlung besitzt ein grösseres Durchdringungsvermögen als die Thoriumstrahlung selbst und als Becquerelstrahlen, und stammt vielleicht von der Anwesenheit eines neuen aktiven Materials in den Thoriumverbindungen her.

Mc. Gill Universität. Montreal, März 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

(Eingegangen 20. April 1900.)

1) Anm. des Übersetzers: Ich verzichte absichtlich auf eine Verdeutschung des vom Verf. für die neue Erscheinung benutzten Ausdruckes.

2) Phil. Mag. Febr. 1900.

Über den sogenannten „Widerstand“ leitender Gase.

Von W. Kaufmann.

Das elektrische Verhalten der Gase ist viel komplizierter als das der flüssigen und festen Körper. Bei letzteren genügt in den meisten Fällen die Kenntnis einer einzigen Konstanten, des „specifischen Widerstandes“ zur vollständigen Beschreibung der Erscheinungen beim stationären Strom; bei Flüssigkeiten treten zwar in viel höherem Masse die Erscheinungen an den Elektroden hinzu, doch ist das Innere einer homogenen Flüssigkeit ebenfalls durch die Angabe des specifischen Widerstandes vollständig bestimmt.

Bei den leitenden Gasen dagegen ist ein analoges Verfahren unmöglich; es geht nicht an, irgend welche Grösse als specifischen Widerstand, sei es der ganzen Gasstrecke, sei es irgend eines Teiles derselben zu bezeichnen; wenn man sich nämlich fragt, auf welche Weise man denn den Widerstand irgend eines Leiters bestimmt, so findet man, dass die direkt messbaren oder vergleichbaren Grössen stets nur Stromstärken ($\mathfrak{J}$) und Spannungen (E) sind und dass der Widerstand definiert ist als der Quotient $\frac{E}{\mathfrak{J}}$ oder aber $\frac{dE}{d\mathfrak{J}}$. Die beiden Definitionen sind nur dann gleichwertig, wenn $W = \frac{E}{\mathfrak{J}} = \frac{dE}{d\mathfrak{J}}$ = konst, d. h. wenn die Stromstärke proportional mit E ist. Nur diese zuerst von Ohm bei festen Leitern erfahrungsmässig gewonnene Erkenntnis hat zur Aufstellung einer besonderen Bezeichnung des Quotienten $E/\mathfrak{J}$ als „Widerstand“ führen können; hätte Ohm zuerst Gase untersucht, so würde er schwerlich diesen Begriff erfunden haben. Wenn trotzdem immer wieder auch in neueren Arbeiten sogenannte Widerstandsbestimmungen in leitenden Gasen gemacht werden, so muss darauf hingewiesen werden, dass derartige Bestimmun-

gen schon deshalb keinen Sinn haben können, weil je nach der angewandten Methode ganz verschiedene Werte des „Widerstandes" erhalten werden.

Von den bisher angewandten Methoden seien hier drei erwähnt:

1) Substitutionsmethode. Ein willkürlich gewählter Strom J werde in dem Gase erzeugt; dann ersetze man die Gasstrecke durch einen metallischen Widerstand W, der den gleichen Strom entstehen lässt und nenne W den „Widerstand" des Gases. Ist E die zu J gehörige Potentialdifferenz der Elektroden, so ist $W = \frac{E}{J}$. Natürlich hätte man auch E direkt messen und W aus der letzten Gleichung berechnen können. Im allgemeinen ergiebt sich W als abhängig von J.

2) Eine zweite von L. Arons [1]) und anderen [2]) angewandte Methode besteht darin, dass man die Gasstrecke mitsamt ihrer Stromquelle in eine Wheatstonesche Brückenkombination einschaltet, in der man mit Wechselstrom und Telephon misst; es wird dann ebenfalls die Gasstrecke durch einen metallischen Widerstand W ersetzt, der die Brückeneinstellung ungeändert lässt. Dann ist, wie leicht zu sehen: $W = dE/dJ$.

Man erhält also, je nachdem man die erste oder zweite Methode anwendet, ganz verschiedene Werte für den „Widerstand" des Gases; ja im zweiten Falle kann man sogar „negative Widerstände" [1]) erhalten. Endlich kommt noch

3) die kalorimetrische Methode in Betracht, bei welcher in irgend einem metallischen Teile des Stromkreises die Wärmeentwicklung gemessen wird, einmal bei eingeschalteter Gasstrecke, das andere Mal bei Ersatz der Gasstrecke durch einen Metallwiderstand W. Macht man durch Regulierung von W beide Wärmemengen gleich gross, so soll W der gesuchte Widerstand des Gases sein. Diese Methode ist hauptsächlich bei oscillierenden Entladungen angewandt worden, bei welchen direkte Strommessungen unmöglich. Hier ist W eine ganz komplizierte Funktion des zeitlichen Stromverlaufs, der bei Einschaltung einer Gasstrecke ein ganz anderer ist, als im rein metallischen Schliessungskreise.

Ich glaube, dass diese kurzen Ausführungen bereits genügen werden, um die völlige Willkürlichkeit bei der Bezeichnung oder Messung irgend einer als „Widerstand" eines Gases zu definierenden Grösse darzulegen. Das einzig Richtige scheint mir, sich an die direkt messbaren Grössen E und J zu halten und deren empirisch bestimmbare Beziehungen.

1) L. Arons, Wied. Ann. **30**, 95; 1887.
2) Frith and Rogers, Nature **54**, 69; 1896.

1) Frith and Rogers, l. c.

Göttingen, April 1900.

(Eingegangen 25. April 1900.)

REFERATE.



Neue Versuche über Lagerreibung nebst neuer Berechnungsmethode derselben.[1])

Von G. Dettmar, Oberingenieur in Hannover.

Die Dettmarschen Versuche beziehen sich auf die Reibung in Ringschmierlagern, die u. a. zur Lagerung der Wellen von Dynamomaschinen und Elektromotoren benutzt werden, und sind fast ausschliesslich an den genannten Maschinen ausgeführt. Sie bestätigen durchweg die Versuche über Lagerreibung, die Tower schon im Jahre 1883 angestellt hat (Siehe Dingl. Polyt. Journal 1885, Bd. 225, S. 136.)

Um die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten (Reibungsarbeit = Reibungskoeffizient × Lagerdruck × Umfangsgeschwindigkeit der Welle) von der Umfangsgeschwindigkeit der Welle zu untersuchen, bedient sich Dettmar hauptsächlich der „Auslaufmethode". Die Welle, deren Lagerreibung bestimmt werden soll, wird mit ihren Schwungmassen in drehende Bewegung gebracht und hierauf sich selbst überlassen. Die durch die Reibung veranlasste Abnahme der Umdrehungsgeschwindigkeit wird bis zum Stillstand der Welle in Funktion der Zeit beobachtet. Hieraus kann dann nach dem Satz von der lebendigen Kraft die gesamte Reibungsarbeit (Lagerreibung + Luftreibung) in Funktion der Umdrehungsgeschwindigkeit bestimmt werden. Es ergab sich unter Ausschaltung der Luftreibung, dass der Reibungskoeffizient bei konstanter Lagertemperatur und konstantem Lagerdruck zunimmt mit der Zunahme der Umfangsgeschwindigkeit der Welle und zwar proportional mit der Quadratwurzel aus dieser Grösse. Bei sehr kleinen Umfangs-

1) Dinglers polyt. Journal 1900, Bd. 315, Heft 6.

geschwindigkeiten (etwa unter 0,5 m/sec) ist dieses Gesetz nicht mehr gültig.

Um die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten vom Lagerdruck kennen zu lernen, bestimmte Dettmar auf elektrischem Wege die Leerlaufarbeit eines Elektromotors, auf dessen Welle eine leichte Riemscheibe sass. Hierauf ersetzte er diese Riemscheibe durch eine sehr schwere Scheibe, durch die der Lagerdruck mehr als verdoppelt wurde. Die Leerlaufarbeit blieb aber genau gleich. Es ist also der Schluss naheliegend, dass bei diesem Motor die Reibungsarbeit unabhängig vom Lagerdruck ist. Bei Versuchen an einer Reihe von Dynamomaschinen, bei denen der Lagerdruck dadurch verändert wurde, dass abwechselnd einzelne Pole der Maschine nicht erregt wurden, ergab sich die Reibungsarbeit ebenfalls als unabhängig vom Lagerdruck. Bei konstanter Lagertemperatur und konstanter Umfangsgeschwindigkeit der Welle ist daher der Reibungskoeffizient umgekehrt proportional dem Lagerdruck. Dieses schon von Tower aufgestellte Gesetz gilt, solange als der Lagerdruck eine gleichmässige Ölschicht im Lager ermöglicht, was nach Tower je nach dem Schmiermaterial bis zu Drucken von 30 bis 44 kg pro Quadratcentimeter Lagerfläche der Fall ist.

Hinsichtlich des Einflusses der Lagertemperatur findet Dettmar, dass der Reibungskoeffizient abnimmt, wenn die Lagertemperatur zunimmt. Tower hatte dies ebenfalls festgestellt und gefunden, dass zwischen 16° Cels. und 49° bei Umfangsgeschwindigkeiten von 0,53 bis 2,39 m/sec der Welle und bei einem spezifischen Lagerdruck von 7,03 kg/qcm das Produkt aus Temperatur und Reibungskoeffizient unter sonst gleichen Umständen nahezu konstant bleibt. Naturgemäss darf man dieses Gesetz nicht verallgemeinern, da man sonst für die Lagertemperatur 0° Cels. einen unendlich grossen Wert für den Reibungskoeffizienten erhalten würde.

Auf die Formeln zur Berechnung der Reibungsverluste, die Dettmar unter Berücksichtigung der obigen Versuchsergebnisse aufstellt, soll hier nur hingewiesen werden.

(Eingegangen 30. März 1900.)

Mitteilungen aus dem Maschinenbaulaboratorium der Kgl. technischen Hochschule zu Berlin. Heft II, herausgegeben zur Hundertjahrfeier der Hochschule von Prof. E. Josse, Vorsteher des Maschinenlaboratoriums.

1. Versuche zur Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades der Dampfmaschinen.

Unter dem thermischen Wirkungsgrad einer Dampfmaschine versteht man das Verhältnis der in der Maschine in Arbeit verwandelten zu der ihr im Dampfe zugeführten Wärmemenge. Er hängt ausser von den in der Maschine auftretenden Verlusten von der Spannung und Temperatur des zugeführten Dampfes, von dem Expansionsgrad der Maschine und von der Spannung und Temperatur, die im Kondensator herrschen, ab. Der Wirkungsgrad eines Carnotschen Kreisprozesses, der sich zwischen der oberen Temperatur T_1 und der unteren Temperatur T_2 abspielt, ist $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Bei sinngemässer Anwendung dieser Erkenntnis auf die Dampfmaschine findet man, dass man zur Erzielung eines möglichst grossen Wertes von η, also eines möglichst geringen Dampfverbrauches u. a. bestrebt sein muss, die im Kondensator herrschende Temperatur möglichst tief zu machen. Diese Temperatur ist wohl ursprünglich bedingt durch die Temperatur des zur Verfügung stehenden Kühlwassers, die im Mittel 15° beträgt; ihr würde dann als Sattigungsdruck des Wasserdampfes ein Druck von weniger als 0,02 kg/qcm abs. entsprechen. Allein so niedrige Pressungen kann man in Wirklichkeit auch bei reichlicher Kühlwassermenge in den Kondensatoren nicht erreichen, weil sonst die Kondensatorluftpumpen viel zu gross ausfallen müssten, weil in dem Speisewasser des Kessels stets Luft vorhanden ist, die den Kreisprozess in der Dampfmaschine mitmacht, und weil schliesslich auch Undichtheiten hindernd auftreten. Häufig sind vielmehr im Kondensator noch 0,2 kg/qcm Druck vorhanden, was dann einer Dampftemperatur von 60° entspricht. Dass diese untere Temperatur des Kreisprozesses so hoch ist, ist also nicht einem Mangel an genügend kaltem Kühlwasser, sondern dem Umstande zuzuschreiben, dass der Wasserdampf bei niedrigen Temperaturen so ungemein geringe Sättigungsdrucke besitzt.

Es liegt somit der Gedanke nahe, durch die Wärme, die der Dampf beim Austritt aus der Dampfmaschine bei ungefähr 60° besitzt, eine Flüssigkeit, die bei dieser Temperatur Dämpfe von sehr hoher Spannung erzeugt, zu verdampfen, und den so erzeugten Dampf Arbeit in einer zweiten Maschine leisten zu lassen, in der dann bei verhältnismässig hohem Kondensatordruck als untere Grenze die Temperatur des Kühlwassers nahezu erreicht wird. Als solche Flüssigkeiten eignen sich insbesondere Ammoniak und schweflige Säure, die auch in den Kälteerzeugungsmaschinen viel benutzt werden.

Die Herren Behrend und Zimmermann haben diesen Gedanken mit grosser Energie verfolgt und nach mehrjährigen Versuchen sich an Prof. Josse gewandt, der in seinem Labora-

torium die Richtigkeit und Ausführbarkeit des Gedankens prüfen sollte.

Über diese Prüfung berichtet Josse in den oben genannten Mitteilungen die Hauptergebnisse, während er die Mitteilung der Einzelheiten und Versuchszahlen einer weiteren Veröffentlichung vorbehält. Er schaltete hinter eine 40pferdige Zweicylinder-Wasserdampfmaschine seines Laboratoriums eine schweflige Säure-Maschine derart, dass der Abdampf der Wasserdampfmaschine bei 0,2—0,25 kg/qcm absoluter Spannung, entsprechend 60—65° Temperatur in einen Oberflächenkondensator geführt wird, dessen Wandungen von schwefliger Säure umspült sind. Dadurch wird der Wasserdampf kondensiert, die schweflige Säure aber nimmt unter Verdampfung nahezu die Temperatur des Wasserdampfes und damit ungefähr $9\frac{1}{2}$ kg/qcm Druck an. Mit diesem Drucke tritt sie in die schweflige Säure-Maschine, leistet hier unter Expansion Arbeit und wird hierauf in einem weiteren Oberflächenkondensator mit Hülfe von Kühlwasser bei einem Druck von $3\frac{1}{2}$ kg/qcm (entsprechend einer Siedetemperatur der schwefligen Säure von rund 20°) kondensiert.

Es ergab sich nun, dass auf diese Weise die schweflige Säure-Maschine, die lediglich von der sonst verlorenen Wärme des aus der Wasserdampfmaschine austretenden Dampfes betrieben wurde, 56% der indicierten Arbeit der Wasserdampfmaschine leistete, so dass somit von derselben Dampfmenge 56% mehr Arbeit erhalten wurden, als wenn nur die Wasserdampfmaschine gearbeitet hätte. Der Dampfverbrauch der letzteren betrug für 1 *PS_i*-St. 8,6 kg; er wurde somit beim Betriebe beider Maschinen für eine gemeinschaftlich geleistete indicierte Pferdestärkenstunde auf 5,5 kg herabgemindert.

Bei der Beurteilung dieses vorzüglichen Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass es auch heute schon Wasserdampfmaschinen (in der Regel mit dreifacher Expansion arbeitend) giebt, die nur 5,5 kg Dampf für 1 *PS_i*-St. verbrauchen und in denen der Kondensatordruck geringer als 0,1 kg/qcm, die Kondensatortemperatur daher kleiner als 45° ist. Ob es sich lohnt, den aus diesen Maschinen entweichenden Abdampf, der verhältnismässig wenig Wärme und nur bei niedriger Temperatur besitzt, noch zum Betriebe einer schwefligen Säure-Maschine zu benutzen, müssen weitere Versuche erweisen, denen man mit Spannung entgegensehen darf.

(Eingegangen 30. März 1900.)

BESPRECHUNGEN.

H. Erdmann. Lehrbuch der anorganischen Chemie. Mit 276 Abbildungen und 4 Tafeln. Braunschweig, Vieweg, 1898. Ladenpreis 18 M.

Das vorliegende Buch, dessen Gegenstand dem Interesse des Physikers um so näher rückt, je mehr die physikalische Chemie durch ihre Ausdehnung nach beiden Seiten die Schranken zwischen Chemie und Physik beseitigt, stellt sich die Aufgabe, die Chemie mit ihren modernen Errungenschaften darzustellen. Wer danach aber glauben sollte, die von seiten der physikalischen Chemie erlangten Kenntnisse über die Gesetze der chemischen Vorgänge und den Molekularzustand der Stoffe in die Darstellung verwebt zu finden, würde völlig irren. Am bezeichnendsten dafür ist die S. 50 sich findende Definition der physikalischen Chemie: „Eine Anzahl von Erscheinungen, die auf dem Grenzgebiete zwischen Chemie und Physik liegen, werden unter dem Namen physikalische Chemie zusammengefasst." Auch das Namenregister zeichnet sich durch Abwesenheit von Namen, wie Arrhenius, Guldberg und Waage, Ostwald, Nernst aus. Doch muss der Gerechtigkeit halber gesagt werden, dass von den 728 Seiten des Buches die letzten 6 einen Extrakt der Elektrochemie bringen, in welchem u. a. als Leiter zweiter Klasse die Kohle figuriert, während die Elektrolyte in eine weitere Klasse versetzt werden, deren Studium offenbar als nicht sehr einladend hingestellt werden soll, denn es heisst nach einer Auseinandersetzung über die elektrolytische und hydrolytische Dissociation: „die wässrige Lösung selbst der allereinfachsten Salze, wie z. B. des Kochsalzes, ist also ein ganz kompliziertes Gemisch, welches sowohl Moleküle des unveränderten Salzes und Wassers als auch eine ganze Reihe von elektrolytischen und hydrolytischen Umwandlungsprodukten enthält."

Nach dieser mehr als summarischen Erledigung einer der wichtigsten modernen Errungenschaften folgt eine fast die ganze zweite Hälfte dieser kostbaren 6 Seiten einnehmende übergenaue Beschreibung der Analyse einer Bromkaliumlösung mittels Leitfähigkeit. Ohne viel auf Einzelheiten einzugehen, ist an vielen Stellen den physikalisch-chemischen Angaben,

wo solche als unumgänglich sich finden und nicht nur aus vagen Andeutungen bestehen, Mangel an Exaktheit und Korrektheit vorzuwerfen; so findet sich z. B. S. 268 eine Kurve der Gefrierpunkte wässriger Schwefelsäure kritiklos reproduziert, nach der die Lösungen bis herauf zur Konzentration 1 $H_2SO_4 + 75\ H_2O$ oberhalb 0^0 gefrieren sollen!

Der beschreibende Inhalt des Buches ist dagegen zu loben, sofern man sich mit Auseinandersetzungen wie § 519 über die „Theorie der Doppelsalze" ganz unmoderner Art begnügen will. Mit besonderer Liebe sind überall Thatsachen und Beziehungen allgemein interessanter Art zusammengetragen; Verwendungen der Stoffe im täglichen Leben und in der Technik, statistische Angaben über Produktion und Preise, geschichtliche Beitrage u. a. beleben die Darstellung. Das Bestreben zu solchen Beigaben geht allerdings etwas ungewöhnlich weit, sodass man auf S. 596 sogar humoristische Verse über die Natur des Thalliums citiert findet. Auch die an sich sehr interessante Zusammenstellung über Grössenordnungen lässt sich wohl nur gezwungen mit dem Gegenstand des Buches vereinigen.

Dass für die Atomgewichte die Zahlen auf $H = 1$ und die ganz ungebräuchlichen auf $O = 1$ bezogen gegeben werden, statt der modernen Übereinkunft entsprechend $O = 16$ zu wählen, sei ohne Kommentar erwähnt.

Nach allem kann wohl zugegeben werden, dass nach dem Umfang des Materials der Inhalt des Buches dem modernen Stand der Wissenschaft entspricht, dass aber die Grundlagen der Darstellung rein wissenschaftlich und modern seien, kann man nur zugeben, wenn man darauf verzichtet, die Chemie anders, denn als beschreibende Naturwissenschaft zu behandeln. R. A.

(Eingegangen 31. März 1900.)

Tagesereignisse.

Das physikalische Laboratorium der Lehigh Universität in South Bethlehem Pa., eines der grössten und best ausgestatteten in den Vereinigten Staaten, wurde am 6. April mit sämtlichen naturwissenschaftlichen Apparaten durch Feuer zerstört.

An der Universität Jena werden gegenwätig nach dem Vorgange der Universität Göttingen wichtige Erweiterungen und Erneuerungen der Arbeits- und Lehrinstitute geschaffen, über die folgendes berichtet wird. Durch Berufung des ausserordentlichen Professors Dr. Gutzmer in ein Ordinariat ist eine zweite ordentliche Professur für Mathematik eingerichtet worden. Um neben dem Studium der reinen Mathematik auch dasjenige der angewandten Mathematik zu ermöglichen, wird nunmehr das mathematische Seminar umgestaltet und wesentlich erweitert, sodass den Studierenden der Mathematik ein besonderes mathematisches Lese- und Arbeitszimmer, ein Zeichensaal für die Übungen im konstruktiven Zeichnen u. a. zur Verfügung gestellt werden. Die Übungen zur Geodäsie werden an die Sternwarte angegliedert. Für technische Physik und Mechanik steht die Errichtung eines besonderen Institutes nahe bevor. Es wird somit Jena unter den ersten Universitäten sein, an welchen die Möglichkeit geboten ist, neben der reinen Mathematik auch die angewandte Mathematik in dem Umfange zu studieren, wie er durch die gegenwärtige Prüfungsordnung für das Lehramt an höheren Schulen vorgeschrieben ist. Zur Hebung und Förderung der naturwissenschaftlichen Studien wird hier das erst seit 1884 neuerbaute und 1895 durch einen Anbau wesentlich vergrösserte physikalische Institut durch einen allen modernen Ansprüchen entsprechenden Neubau ersetzt werden. Nach Fertigstellung dieses Gebäudes sollen in dem seitherigen pysikalischen Institute die Anstalten für Pharmacie und Nahrungsmittelchemie und für technische Chemie Aufnahme finden. Das chemische Universitätslaboratorium wird noch im Laufe dieses Sommers durch den Anbau eines Flügels vergrössert, um dem dringenden Bedürfnis nach vermehrten Arbeitsplätzen für die Studierenden abzuhelfen. Für das jetzt im Gebäude des landwirtschaftlichen Instituts befindliche agrikulturchemische Laboratorium und das seither in Räumen des grossherzoglichen Schlosses untergebrachte landwirtschaftliche Laboratorium wird ein gemeinschaftlicher Neubau errichtet.

Die diesjährige Ausschreibung des deutschen Veitmeyer-Preises, der aus einer goldenen Medaille und der Geldsumme von 1200 M. besteht, stellt als Aufgabe die Ausarbeitung eines Planes für eine elektrische Eisenbahn zwischen zwei in beträchtlicher Entfernung befindlichen Orten, die ausschliesslich von Zügen mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 200 Kilometern und in schneller Aufeinanderfolge ohne Aufenthaltsstation befahren werden soll, jeder Zug soll mindestens 150 Fahrgäste aufnehmen können. Die Bedingungen wurden in „Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen", Berlin SW., Lindenstrasse 80 veröffentlicht; der Wettbewerb wird am 6. Oktober geschlossen.

Personalien.

In Tübingen ist dem Privatdozenten und Assistenten am chemischen Universitäts-Institut Dr. Bülow Titel und Rang eines a. o. Professors verliehen worden.

Professor Dr. August Toepler von der technischen Hochschule in Dresden tritt am 1. Oktober von der Professur zurück. Sein Nachfolger wird Professor Dr. W. Hallwachs, bisher Professor der Elektrotechnik an der gleichen Hochschule.

Dem Professor Dr. Klingenberg an der technischen Hochschule in Berlin ist die bisher von Professor Dr. Wedding abgehaltene Vorlesung „Elektrische Anlagen und Betriebe" übertragen worden. Klingenberg tritt damit in die Reihe der Dozenten der Hochschule ein.

In Jena habilitierte sich Dr. Rabe für Chemie.

Dem Privatdozenten der Chemie Dr. Wohl in Berlin wurde das Prädikat Professor verliehen.

Am 21. April starb in Wien der Chemiker Dr. Leopold Kohn, 25 Jahre alt.

An der technischen Hochschule in Aachen habilitierte sich Dr. Heinrich Danneel als Privatdozent für Elektrochemie.

Der ordentliche Professor der Philosophie an der Wiener Universität, Hofrat Dr. Ernst Mach, der vor zwei Jahren schwer erkrankte, ist wieder hergestellt und wird seine akademische Thätigkeit wieder aufnehmen.

Der seitherige ausserordentliche Professor, Russischer Staatsrat Martin Fürchtegott Grübler in Charlottenburg wurde vom 1. Oktober an zum ordentlichen Professor für technische Mechanik in der allgemeinen Abteilung der technischen Hochschule Dresden ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 33. 19. Mai 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über eine neue Methode zur Vergleichung zweier Selbstinduktionen.[1])

Von Hubert V. Carpenter.

Im Verlauf eines sorgfältigen Studiums der neueren Methoden zum Messen und Vergleichen von Induktion und Kapazität hat sich mir die folgende Methode zur Vergleichung zweier Selbstinduktionen ergeben, die sehr genaue Resultate liefert.

Es seien l_1 und l_2 die beiden Spulen, deren Selbstinduktionskoefficienten L_1 und L_2 verglichen werden sollen. Dieselben seien untereinander parallel geschaltet, während mit der einen von beiden Spulen ein induktionsloser Widerstand in Serie liegt. Legt man nun an die gemeinschaftlichen Enden der beiden Spulen eine harmonisch veränderliche elektromotorische Kraft an, so werden die beiden Spulen von Strömen durchflossen sein, deren Phasenverschiebung gegen die erzeugende elektromotorische Kraft gegeben ist durch

$$\varphi_1 = arc\ tg\ \frac{\omega L_1}{R_1},\ \varphi_2 = arc\ tg\ \frac{\omega L_2}{R_2}.$$

In diesen Formeln bedeuten R_1 und R_2 den Widerstand der beiden parallelen Zweige, d. h. also der Spulen l_1 und l_2, sowie des veränderlichen Widerstandes in einem Zweig und der Verbindungsdrähte; ω ist das bekannte Produkt aus 2π in die Frequenzzahl n des Wechselstroms. Aus obigen Gleichungen geht nun hervor, dass, wenn

$$\frac{\omega L_1}{R_1} = \frac{\omega L_2}{R_2},$$

die Ströme in den beiden Parallelzweigen Phasengleichheit aufweisen werden. Gelingt es nun durch irgend ein Mittel, diese Phasengleichheit zu erzeugen und festzustellen, so erhält man damit sofort die Beziehung zwischen den beiden Selbstinduktionen. Diese ist dann gegeben durch

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Die beiden primären Ströme können nun durch Veränderung des induktionslosen Widerstandes in einem der beiden Zweige zur Phasengleichheit gebracht werden, was man in folgender Weise mit Hülfe der beiden Spulen S_1 und S_2 und des Telephons T, diese drei Apparate hintereinander geschaltet, feststellen kann. S_1 und S_2 befinden sich, der Figur entsprechend, sehr nahe und parallel l_1 resp. l_2. Die Ströme in l_1 und l_2 inducieren nun in S_1 resp. S_2 elektromotorische Kräfte, deren geometrische Summe einen durch das Telephon gehenden Strom erzeugt. Nehmen wir jetzt an, dass die Spulen S_1 und S_2 so miteinander verbunden sind, dass, wenn die Ströme in l_1 resp. l_2 miteinander in Phase sind, die im sekundären Kreis (also in S_1 und S_2) inducierten elektromotorischen Kräfte E_{s1} und E_{s2} einander entgegengesetzt gerichtet sind. Die so entstehende resultierende elektromotorische Kraft E_s ist dann gleich $E_{s1} - E_{s2}$. Wird dann auch $E_{s1} = E_{s2}$, dann hat man $E_s = 0$, was durch das Schweigen des Telephons ausgedrückt wird.

Dieses Schweigen zeigt nun zweierlei an: 1. dass die zwei primären Ströme in Phasengleichheit sind, 2. dass $E_{s1} = E_{s2}$. Die erste Bedingung lässt sich, wie oben gezeigt, erfüllen durch Änderung von R_1 oder R_2, während sich der zweiten Bedingung durch Änderung der relativen Lage einer der beiden sekundären Spulen, sagen wir z. B. S_2, in Bezug auf ihre Primärspule, Genüge leisten lässt. Denn durch die Verschiebung wird der Betrag der in ihr inducierten elektromotorischen Kraft geändert. Durch Hin- und Herbewegen lässt sich nun die Stelle auffinden,

1) Ausführlich in Phys. Review 10, Januar 1900.

wo das Telephon schweigt, oder ein Minimum an Tonstärke hat. In dieser Lage ist $E_{r1} = E_{r2}$. Lässt sich durch diese Justierung kein Schweigen, sondern nur ein Minimumton des Telephons erreichen, so sind E_{r1} und E_{r2} einander nicht völlig entgegen gerichtet. Das bedeutet, dass die Primärströme in l_1 und l_2 nicht genau miteinander in Phase sind. Es muss also R_1 oder R_2 noch geändert werden. Sind nun alle Bedingungen erfüllt, und das Telephon schweigt, dann braucht man nur $\frac{R_1}{R_2}$ zu wissen, um $\frac{L_1}{L_2}$ zu erhalten.

Die richtige Lage von S_2 kann so rasch gefunden werden, dass die Auffindung des Gleichgewichts nur wenig mühevoller ist, als mit Hülfe der Wheatstoneschen Brücke. Die Anwendung des Telephons als Stromindikator bietet dieselben Nachteile wie in der Wheatstoneschen Brücke, d. h. es giebt nicht an, in welcher Richtung R_1 oder R_2 geändert werden müssen, um Phasengleichheit zu erzeugen.

Sorgfältige Versuche wurden mit der Methode in dieser Form angestellt. Mit einem recht guten Telephon, dessen Widerstand allerdings für die grösste Empfindlichkeit viel zu gering war, konnte eine Reihe einander folgender Vergleichungen gemacht werden, die von einander um nicht mehr als $\frac{1}{2}$ ‰ abwichen.

Damit jedoch diese Resultate nicht nur untereinander übereinstimmen, sondern auch wirklich richtig sind, muss der Apparat so angeordnet werden, dass ausser der erwarteten keine anderen induktiven Wirkungen auftreten. Daher müssen die beiden zu vergleichenden Spulen l_1 und l_2, die recht starke Ströme führen, so aufgestellt werden, dass keine gegenseitige Induktion zwischen ihnen stattfinden kann. Dies wurde erreicht, indem man die Spulen in ungefähr 2 m Abstand in zwei zu einander senkrechten Ebenen aufstellte und durch angestellte Versuche die Richtigkeit der Aufstellung bestätigte. Die Leitungsdrähte von der primären Stromquelle bis zum Verzweigungspunkte bestanden aus verschlungenen Lampenleitungsschnüren, die in grösstmöglicher Entfernung von den Spulen geführt wurden. Die von dem Verzweigungspunkt zu den Spulen führenden Leitungen waren ungefähr 1 cm auseinander und kreuzten sich in häufigen Intervallen. Beim Vergleichen von Spulen niederer Selbstinduktion nimmt man am besten hier auch Lampenschnur, indem ja die Wirkung der Kapazität gegenüber der induktiven Wirkung des starken Stromes sehr klein wird.

Jeder Strom, der im Sekundärkreis fliesst, wird natürlich auf die Primärströme zurückwirken. Ist das Gleichgewicht erreicht, so verschwindet der Sekundärstrom, und mit ihm sein störender Einfluss. Die sekundären elektromotorischen Kräfte bleiben jedoch zurück und erzeugen, mit der in den Sekundärspulen verteilten Kapazität zusammen, in jeder Spule einen sehr schwachen Lokalstrom, dessen Stärke schwer zu schätzen ist. Es kann jedoch durch Rechnung sowohl als durch den Versuch gezeigt werden, dass der Einfluss dieser Parasitströme vollständig vernachlässigt werden kann.

Der nächste Schritt in der Weiterentwicklung der Methode galt der Ersetzung des Telephons durch das Elektrodynamometer. Dadurch werden in den Details ansehnliche Änderungen hervorgerufen, aber das Prinzip bleibt dasselbe, und die Resultate sind erheblich genauer.

Der (schwache) Sekundärstrom, der zum Verschwinden zu bringen ist, wird durch die, aus dünnem Draht bestehende, bewegliche

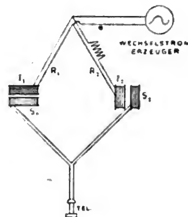


Fig. 1.

Spule geleitet, während der Primärstrom durch die starke feste Spule des eigens konstruierten Dynamometers ging. Auf diese Weise liessen sich mit dem Instrument Ströme bis zu 10^{-8} Ampères nachweisen. Die Ablenkungsrichtung der beweglichen Spule kehrt sich um, wenn sich die Phase des Stromes in einer Spule um 180° ändert. Das Instrument giebt also auch an, in welcher Richtung der Widerstand in einem der Primärzweige geändert werden muss, um das Gleichgewicht zu erreichen. Dies ist ein anderer Vorteil gegenüber dem Telephon. Auf eine Eigentümlichkeit des Dynamometers muss noch aufmerksam gemacht werden. Wenn nämlich die Ströme in den beiden Spulensystemen gegeneinander um 90° verschoben sind, so wird die bewegliche Spule nicht abgelenkt. Man muss also zwei Nulllagen des Instruments auseinander halten, nämlich diejenige, welche sich aus dem Verschwinden des sekundären Stromes ergiebt, und diejenige,

welche aus der 90° Phasendifferenz zwischen Primär- und Sekundärströmen herrührt. Wir sehen also, dass wir an und für sich nicht sagen können, ob uns das Dynamometer das Verschwinden des Sekundärstromes oder die 90° Phasendifferenz anzeigt. Diese Schwierigkeit wurde auf folgende Weise behoben: Ein induktionsloser Nebenschluss R_n (Fig. 2) wurde so an die Enden der unbeweglichen Spule des Dynamometers gelegt, dass er nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden konnte. Wenn er eingeschaltet ist, verteilt sich der primäre Hauptstrom über zwei Wege, und, haben die Spulen eine beträchtliche Selbstinduktion, während der Nebenschluss keine hat, dann wird der Strom in den unbeweglichen Spulen dem Gesamtprimärstrom unter einem bedeutenden Winkel nacheilen. Die Ströme und elektromotorischen

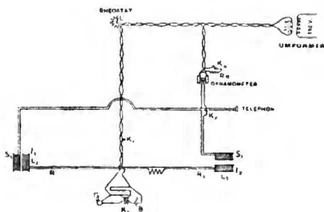


Fig. 2.

Kräfte in den Spulen l_1, l_2, S_1 und S_2 ändern bei Einschaltung des Nebenschlusses ihre relativen Phasen in keiner Weise, sondern es ändert sich nur die Phasendifferenz der beiden Dynamometerströme. Wenn dieselbe vor der Einschaltung des Nebenschlusses 90° beträgt, so wird sie nachher etwas mehr oder weniger betragen, und es wird, wenn der Sekundärstrom nicht gleich Null ist, eine Ablenkung der beweglichen Spule erfolgen. Zu diesem Resultate hatte man auch auf anderem Weg gelangen können; jedoch schien dieser der einfachste und in der That bewährte er sich sehr. Figur 2 zeigt die schliessliche Schaltung der Apparate.

(Die in Fig. 2 mit G, K_2, B bezeichneten Teile gehören nicht zur eigentlichen Versuchsanordnung, sondern stellen einen Nebenapparat dar zur Messung der Widerstände von l_1 und l_2, sowie der Verbindungsdrähte. Anm. d. Übers.)

Die eingangs gegebene Theorie fusst auf der Annahme, dass die im Primärstromkreise wirkende elektromotorische Kraft eine harmonische Funktion der Zeit ist. Es kann jedoch leicht gezeigt werden, dass irgend eine veränderliche *E.-M. K.* das nämliche Ergebnis liefert. Die Frage nach der Stromquelle ist jetzt eine leichte, denn irgend ein Wechselstrom von beliebiger Frequenz, Wellenform oder Unstetigkeitsgrad kann angewandt werden. In unserem Falle war es eine Zweiphasen-Westinghouse-Dynamo der Periodenzahl 60.

Eine einfache Rechnung lehrt, dass je grösser der Winkel φ ist, unter dem die Primärströme der *E.-M. K.* nacheilen, um so grösser ist die Genauigkeit der erhaltenen Resultate.

Zum Vergleiche gelangten die Selbstinduktionen L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 der fünf Spulen l_1, l_2, l_3, l_4 und l_5. Die Spulen l_1 und l_2 wurden in regelmässigen Lagen in einer Rinne aufgewickelt, die aus einem Stück Stuck geschnitten war. Ihre Dimensionen wurden genau bestimmt, so dass die Selbstinduktionen berechnet werden konnten. Spule l_1 bestand aus 7 Lagen mit insgesamt 70 Windungen einfach-seideumsponnenen Kupferdrahts B & S No. 20. Ihr mittlerer Durchmesser war 38,605 cm und die berechnete Selbstinduktion $L_1 = 0{,}0\,049\,046$ Henry.

Spule l_2 bestand aus 2 Lagen mit 8 Windungen von doppelt-leinenüberzogenem Kupferdraht B & S No. 15. Der mittlere Durchmesser war 38,681 cm und die berechnete Selbstinduktion $L_2 = 0{,}0\,000\,726$ Henry. Die Berechnung geschah nach der Maxwell-Stefanschen Formel.[1]) Der für L_1 berechnete Wert wurde als genau angesehen und als Basis für die Berechnung der Werte der Selbstinduktionen der anderen Spulen aus den Verhältniszahlen angenommen. Die Dimensionen der Spulen l_3, l_4, l_5 waren unbekannt. Dieselben waren auf hölzernen Rahmen gewickelt.

Tabelle I.

Vergleichung der Spulen l_1 und l_3.

R_1	R_3	L_3	
3.1574	27.865	.043285	
3.1198	27.559	.043324	
3.1104	27.479	.043327	
3.0940	27.363	.043375	
3.0690	27.115	.043330	
		Mittel =	.043328
	Wahrsch. Fehler = .000010 =		.02 + per cent.

Die Werte für L_2 in Tabelle V gründen sich auf den in Tabelle IV gefundenen Wert für L_3. Dieser gründet sich wieder auf den berechneten Wert von L_1, sodass wir in der annähernden Übereinstimmung zwischen obigem und dem berechneten Werte von L_2 eine gute Gewähr für die Richtigkeit beider besitzen. Tabelle III liefert den direkten Beweis der

1) Stefan, Wied. Ann. 22, S. 107, 1884.

Richtigkeit von $\frac{L_1}{L_3}$, $\frac{L_1}{L_1}$ und $\frac{L_3}{L_4}$. Aus den gegebenen Zahlen gelangt man zum Werte von $\frac{L_3}{L_4}$; die angegebenen Werte von L_4 stützen sich auf die in Tab. I erhaltenen von L_3. Die beiden Werte von L_4 unterscheiden sich um 0,05 %, welche Zahl jedoch die vereinigten Fehler dreier unabhängiger Beobachtungsreihen umfasst.

Tabelle II.

Vergleichung der Spulen l_1 und l_4.

R	R_4	L_4	
2.9785	30.828	.050762	
2.9900	30.985	.050825	
3.0212	31.209	.050662	
3.0380	31.459	.050790	
2.9911	30.978	.050793	
2.9068	30.038	.050682	
2.9542	30.594	.050790	
2.9357	30.427	.050830	
		Mittel =	.050767
		Wahrsch. Fehler = .000014 =	.03 — per cent.

Tabelle III.

Vergleichung der Spulen l_3 und l_4.

R_3	R_4	L_4	
26.855	31.450	.050741	$L_4 = \frac{R_4}{R_3} L_3$ wo $L_3 = .043328$.
26.905	31.547	.050802	
26.897	31.540	.050808	
26.873	31.427	.050665	
26.800	31.406	.050774	
27.023	31.647	.050740	
26.915	31.513	.050730	
26.950	31.520	.050675	
		Mittel =	.0507445
		Wahrsch. Fehler = .000012 =	.02 + per cent.

Tabelle IV.

Vergleichung der Spulen l_1 und l_5.

R_1	R_5	L_5	
3.1641	.26870	.00041650	
3.1800	.26911	.00041510	
3.1905	.27033	.00041555	
3.1847	.27009	.00041593	
3.1838	.26996	.00041585	
3.1775	.27013	.00041695	
3.2108	.27266	.00041650	
		Mittel =	.00041605
		Wahrsch. Fehler = .00000016 =	.04 — per cent.

Tabelle V.

Vergleichung der Spulen l_2 und l_5.

R_5	R_2	L_2	
.76554	.13177	.000071615	
.76513	.13182	.000071680	
.76579	.13185	.000071628	
		Mittel =	.000071641

Die hier skizzierte Methode kann auch zur Vergleichung zweier Kapazitäten angewandt werden, indem man je eine mit l_1 resp. l_2 in Serie schaltet. Die Resultate jedoch würden einer Korrektion für die Selbstinduktionen L_1 und L_2 bedürfen und auch ferner, wofern nicht die beiden Kondensatoren völlig gleich gearbeitet sind, falsche Resultate wegen des ungleichen Betrages absorbierter Energie geben.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 9. April 1900.)

Beitrag zur Kenntnis der Kohärer.

Von F. Campanile und G. Ciomme.

Aus den Versuchen, welche unternommen worden sind, um die Art und Weise festzustellen, in welcher Röhren mit Feilspänen funktionieren, geht hervor, dass die Teilchen eines diskontinuierlichen Leiters, welcher äusseren elektrischen Einwirkungen ausgesetzt ist, in direkte Berührung kommen, selbst wenn sie in ein Dielektrikum eingebettet sind, und dass die Veränderung des Leitungswiderstandes der Kohärer von Funken, die von Korn zu Korn springen, begleitet wird. Durch einfache Versuche kann man zeigen, 1. dass ein Kohärer aus Quecksilbertropfen unter dem Einfluss von Extraströmen und elektrischen Wellen dasselbe Verhalten zeigt, wie ein diskontinuierlicher Leiter, der elektrischen Einwirkungen ausgesetzt ist; 2. dass ein Kohärer nur in besonderen Linien und nicht in der ganzen Masse zum Leiter wird.

1. Wir setzen auf eine Glasscheibe vier Glasscheiben derart auf, dass ein langes, enges Gefäss entsteht; in dieses Gefäss wird das tropfenweise in Vaselineöl gebettete Quecksilber gebracht. Mittels amalgamierter Kupferdrähte bringt man das Quecksilber in einen Stromkreis mit einer elektrischen Batterie und mit einem Galvanometer; im Nebenschluss wird zwischen die Enden des so zusammengesetzten Kohärers ein Unterbrecher eingeschaltet. Bei dieser Anordnung finden wir, dass der Extrastrom der Öffnung mit einem Grenetschen Element das Zusammenschliessen der Tropfen zu einem Quecksilberstäbchen bewirkt; wird ein passender Leitungswiderstand eingeschaltet, so zeigt sich bei zehn Tudorschen Akkumulatoren dieselbe Erscheinung auch beim Extrastrom der Schliessung. Der Quecksilbertropfen-Kohärer ist ferner elektrischen Oscillationen gegenüber empfindlich. Mit dem Righischen Oscillator ohne parabolische Spiegel, der von einer kleinen Spule in Betrieb gesetzt wird, erhält man auf mehrere

Meter Entfernung den Zusammenschluss der Tropfen in ein Quecksilberfädchen. Für kurze Entfernungen genügen Funken aus einer kleinen Vossschen Maschine mit Kondensatoren.

Zuweilen ist der Zusammenschluss der Tropfen nicht zu sehen oder kaum angedeutet; in ersterem Fall sieht man beim Rütteln der unverändert gebliebenen Tropfen das Quecksilberfädchen, welches die beiden Kupferdrähte verbindet; im zweiten Fall bewirkt ein kleiner Stoss die Bildung des Quecksilberstabes.

Wir nehmen schliesslich eine kleine Röhre von 5 cm Länge und 5 mm Durchmesser und füllen sie mit in Vaselineöl eingebetteten kleinsten Quecksilbertröpfchen, welche durch abschliessende Stopfen in geeigneter Weise gedrückt werden. Durch diese Stopfen leiten wir Kupferdrähte, die den Kohärer mit der Batterie und dem Galvanometer in den Stromkreis schliessen. Wir sehen, dass der Kohärer auf die Funken reagiert und dass er wieder einen grossen Leitungswiderstand besitzt, wenn man auf die Röhre kleine Schläge giebt.

2. Wir verfertigen einen vielpoligen Kohärer in Gestalt einer Röhre von 5 cm Länge und 1 cm Durchmesser, welche wir mit Messingfeilspänen füllen. In diese Röhre sind in gleicher Entfernung von einander und von den Enden fünf Löcher gebohrt, in welchen kleine Messingstücke stecken, die mit den zugespitzten Enden nach innen bis zur Röhrenaxe vortreten und aussen in metallischer Verbindung mit Kupferdrähten stehen, die in Näpfchen mit Quecksilber eingetaucht sind.

Der Kohärer besteht also aus vier Teilkohärern. Ist nun die Leitungsfähigkeit, die er unter dem Einfluss der elektrischen Wellen erwirbt, den Teilchenreihen zuzuschreiben, die sich im Innern bilden, so kann der Kohärer vollständig und nicht nur in gewissen Zwischenräumen zum Leiter werden; aber dann müssen wenigstens zwei auf einander folgende den grössten Leitungswiderstand behalten. Unsere Voraussetzungen werden durch die Versuche vollkommen bestätigt. Hieraus geht nun hervor, dass die Erscheinungen der totalen oder partiellen Leitungsfähigkeit eines diskontinuierlichen flüssigen Leiters unter der elektrischen Einwirkung auch mit Extraströmen und Hertzschen Wellen erreicht werden können; man kann sie mit denjenigen Erscheinungen vergleichen, welche die mit Feilspänen gefüllten Röhren zeigen: nämlich, dass der Zusammenschluss der Quecksilbertropfen die Funkenproduktion von Korn zu Korn oder von Tropfen zu Tropfen in den Feilspan- oder Quecksilberkohärern steigert; und schliesslich, dass ein Kohärer in besonderen Linien und nicht in der ganzen Masse zum Leiter wird.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 23. April 1900.)

Theorie der allgemeinen mikroskopischen Abbildung.[1])

Von Karl Strehl, Erlangen.

Die Arbeit, deren Gedankengang im folgenden kurz dargestellt werden soll, betrachtet, von speciellen Objekten (Diatomeen) absehend, die allgemeinen Beziehungen, welche das Mikroskop zwischen Objekt und Bild herstellt.

Die geometrische Optik, welche ganz ausser Betracht bleibt, fasst Objekt und Bild als eine Summe von Punkten auf und führt jeden Objektpunkt in den entsprechenden Bildpunkt über, ohne Rücksicht auf die Begrenzung des Strahlenkegels durch das Mikroskop und auf die Nachbarpunkte, d. h. ohne Rücksicht auf Beugungserscheinungen.

Dieser zunächst schliesst sich die Methode von Helmholtz an; wenn man die nach geometrisch-optischen Gesetzen vergrösserte Zeichnung durch eine entsprechend enge Blende betrachtet (was man thun kann, nicht muss), dann erhält man das Beugungsbild so, wie es das Mikroskop liefert.

Einen Schritt weiter geht Lord Rayleigh; er führt jeden Objektpunkt entweder in der Objektivbildebene oder in der Okularbildebene in das entsprechende Beugungsbild (Scheibchen samt Ringen) über und betrachtet die Wirkung der Übereinanderlagerung (Überschiebung) der Beugungsbilder benachbarter Punkte.

Beide Methoden führen für unendlich dünne, mit interferenzfähigem oder inkohärentem Lichte leuchtende Objekte bezüglich des allgemeinen Bildproblems, insbesondere der Abbildung von Rahmen und Muster, der gemeinsamen Bewegung beider, des Trennungsvermögens und selbst des Tiefenbildes vielfach unmittelbar zum Resultat; die Wirkung der schiefen Beleuchtung ersetzt Lord Rayleigh durch eine entsprechende Phasenverknüpfung der benachbarten Stellen in Objekt und Bild.

Die für selbstleuchtende Objekte nicht anwendbare Abbesche Methode betrachtet die Erzeugung des in eine Beugungsfigur verzerrten Bildes der Lichtquelle als das primäre, die Entstehung des mikroskopischen Bildes als eine sekundäre Interferenzwirkung; die Strukturelemente des Objektes treten nicht mehr einzeln, sondern vereint in Aktion.

Diese Methode, richtig ausgebildet, ist für das dicke, schief beleuchtete Präparat und die Theorie der Aberrationen so gut wie ausschliesslich geeignet.

Meine eigenen Studien beginnen bei der Beugungswirkung einer begrenzten, beliebig gekrümmten, inhomogenen Wellenfläche; die analytischen Entwicklungen lassen sich gleicher-

1) Inauguraldissertation, Erlangen, 1900.

weise für das Fernrohr und für das Mikroskop gebrauchen und gestatten in letzterem Falle die beliebige Anwendung der Abbeschen oder Lord Rayleighschen Methode.

An Stelle des Huygensschen Prinzips tritt die Verwandlung einer Wellenfläche in die benachbarte; der Begriff Beugung wird möglichst allgemein gefasst; die allgemeine Struktur des Objektes im Sinne Fouriers in eine Reihe von Elementarstrukturen aufgelöst.

Der Zerlegung „Mikroskop = Lupe + Fernrohr" entsprechend erweist sich die lineare Apertur des letzteren sowohl für die Ähnlichkeit des Bildes wie auch für die nutzbare Vergrösserung als wesentlicher Faktor.

In Erweiterung der von Dr. Eichhorn begonnenen Untersuchungen wurde die Natur des Bildes als eines geschichteten Tiefenbildes festgestellt, insbesondere die Entstehung positiver und negativer Bildschichten von inverser Struktur und die sich daran knüpfenden Täuschungen erörtert.

Bezüglich des Trennungsvermögens haben Abbe, Lord Rayleigh, Helmholtz und der Verfasser ganz verschiedene Fälle behandelt, welche eingehende Betrachtung finden.

Die Helligkeit des Bildes ist nur dann dem Quadrat der Apertur proportional, wenn diese gleichmässig lichterfüllt ist; bei Objekten mit Struktur treten verwickeltere Verhältnisse auf.

Die Schichten des dicken Präparates und die konjugierten des Tiefenbildes stehen im allgemeinen zu einander in keiner nachweisbaren Beziehung; in einfachen Fällen lässt sich die Thatsache einer annähernden Trennung praktisch sowie theoretisch bewahrheiten.

Entsprechend erfährt der Begriff „Sehtiefe" eine wesentliche Umgestaltung und wird als Übereinanderlagerung von in verschiedenen Strukturschichten erlittenen Beugungswirkungen gefasst.

Die Betrachtung der schiefen Beleuchtung zeigt, dass ein dickes Präparat für Strahlen verschiedener Neigung ganz verschiedene Objekte darstellt, mithin die Beugungsfigur nicht allein eine Verschiebung gegen die hintere Aperturblende des Objektives, sondern auch eine völlige Umgestaltung erfährt.

Auf die Mitwirkung des Mikroskopes bei der Entstehung sogenannter Beugungsfarben sowie auf die Thatsache, dass die Farbenwahrnehmung mittels des Mikroskopes unter wesentlich anderen Umständen erfolgt als mit dem blossen Auge, wurde, zum Teil an der Hand von Beispielen, hingewiesen.

Anschliessend wurde besprochen, dass schwache Objektive bezüglich des Definitionsvermögens in gewissen Fällen scheinbar schärfere Bilder erzeugen als starke, ohne dass dies den wirklichen Verhältnissen entspricht.

Die Theorie der Aberrationen wurde gemäss den in meiner Fernrohrtheorie aufgestellten Gesichtspunkten entwickelt, insbesondere unter Zurückdrängung der Bildränder der Hauptwert auf die richtige Darstellung der positiven und negativen Bilder gelegt. Die Kontroverse Abbe-Thiessen bezüglich der Bildverzerrung erwies sich als durch ein Missverständnis bedingt.

Im engsten Anschluss an die Aberrationen wurden schliesslich noch die Prüfungsmethoden besprochen und empfohlen, die Objektive nicht ausschliesslich auf Diatomeen, vielmehr auch auf die Wiedergabe zarter histiologischer Details zu prüfen.

(Eingegangen 3. Mai 1900.)

Einfluss der Temperatur auf das elektrische Leuchten eines verdünnten Gases.

Von J. Stark.

1. Nach den Messungen von E. Wiedemann[1]) und R. W. Wood[2]) ist die Temperatur eines durchströmten verdünnten Gases an den Stellen, wo es leuchtet, niedriger oder wenig höher als 100°. Früher hielt man das elektrische Leuchten für eine Folge einer sehr starken Erhitzung durch den elektrischen Strom, also für eine Glüherscheinung.

Man kann nun fragen, wie die elektrische Phosphorescenz eines Gases dadurch beeinflusst wird, dass man es dem elektrischen Strom in stark erhitztem Zustand darbietet. Wir werden indessen unten sehen, dass eine erschöpfende Antwort auf diese Frage zu einer weiteren zwingt, nämlich zu der Frage nach dem Einfluss der Erhitzung auf den elektrischen Ausgleich im Gase.

H. Faye[3]) und K. Wesendonck[4]) haben beobachtet, dass ein durchströmtes Gas in der Nähe eines weissglühenden Bleches dunkel bleibt. Das Induktorium, das hierbei verwendet wurde, ist indessen für diesen Zweck nicht einwandsfrei. W. Hittorf[5]) bediente sich einer Hochspannungsbatterie und fand, dass eine weissglühende Platinspirale einen dunklen Raum in das positive Licht schneidet. Während Hittorf die Erklärung seiner Beobachtung darin sah, dass ein Gas bei hoher Temperatur seine Phos-

1) E. Wiedemann, Wied. Ann. 6, S. 298, 1879; 10, S. 202, 1880.
2) R. W. Wood, Wied. Ann. 59, S. 238, 1896.
3) H. Faye, Compt. rend. 1, S. 894, 960, 1860.
4) K. Wesendonck, Wied. Ann. 26, S. 81, 1885.
5) W. Hittorf, Wied. Ann. 21, S. 120, 1884; 19, S. 74, 1883.

phorescenzfähigkeit verlöre, glaubt Lehmann,[1]) dass der dunkle Raum um einen weissglühenden Körper der dunkle Raum einer von diesem als Kathode weggehenden elektrischen Entladung sei. Man könnte auch zu der Meinung geneigt sein, dass in der Nähe des weissglühenden Körpers von diesem ausgesandte Dämpfe an Stelle des Gases die Stromleitung übernehmen und dabei dunkel bleiben.

2. Um über diese Meinungen zu entscheiden, habe ich entsprechende Versuche[2]) angestellt. Als Heizkörper dienten Kohlenfäden, welche in die Entladebahn tauchten. Der Strom durch das verdünnte Gas wurde einer Hochspannungsbatterie entnommen. Damit durch die Erhitzung nicht eventuell der Charakter des Stromes bedeutend verändert wurde, kamen nur Ströme zur Verwendung, die für das Telephon stetig waren. Es zeigte sich auch bei meinen Versuchen, dass das positive und negative Glimmlicht in der Nähe eines weissglühenden Heizkörpers erlischt.

Der dunkle Raum um den Heizkörper konnte bei meinen Versuchen nicht von einer von diesem ausgehenden Entladung herrühren. Denn die verwendeten Ströme waren für das Telephon stetig, und die Batterie, welche die Kohlenfäden erhitzte, war sorgfältig isoliert.

Der dunkle Raum kann auch nicht auf eine Stromleitung durch Dämpfe zurückzuführen sein. Denn durch eine mit zwei Elektroden versehene Glühlampe, aus der Gase so gut wie möglich entfernt wurden, konnte keine Entladung übergehen, selbst wenn der Kohlenfaden intensiver als bei den vorigen Versuchen erhitzt wurde. Eine Entwicklung von Kohlendampf, welcher unabhängig vom Gas die Stromleitung übernommen hätte, war also nicht vorhanden.

Wir dürfen also als thatsächlich erwiesen den Satz aussprechen, dass elektrische Entladungen ein verdünntes Gas in der Nähe eines weissglühenden Körpers nicht zum Leuchten bringen, oder dass ein Gas durch starke Erhitzung die Fähigkeit verliert, durch elektrische Entladungen zur Phosphorescenz angeregt zu werden. Die Erscheinung,[3]) dass eine Entladung, die auf ihrer ganzen Bahn stark erhitztes Gas durchfliesst, dunkel ist, ergiebt sich aus dem vorstehenden als specielle Folgerung.

3. Aus der Erscheinung, dass stark erhitzte Gase elektrisch nicht zum Leuchten angeregt werden, dürfen wir mit Hittorf nicht schliessen, dass die Gase überhaupt die Fähigkeit zu leuchten verloren haben; wir dürfen bei der Formulierung des obigen Resultates, wie ich es mit gutem Bewusstsein gethan habe, die elektrische Anregung nicht vergessen, sondern müssen diese als das Primäre im Auge behalten. Wir werden uns dann die im Eingang an zweiter Stelle aufgeworfene Frage vorlegen und zu der Vermutung kommen, dass das Erlöschen der elektrischen Phosphorescenz der Gase bei Erhitzung bedingt sei durch eine Änderung der Art des elektrischen Ausgleichs an der erhitzten Stelle. Diese Vermutung wird durch eine Betrachtung der von W. P. Graham[1]) ermittelten Kurven des Spannungsabfalls in einem Gasstrom nahe gelegt. Aus diesen ist nämlich zu ersehen, dass da, wo das Spannungsgefälle ein relatives Maximum hat, das durchströmte Gas in der Regel phosphoresciert und dass es da, wo ein Minimum des Gefälles liegt, dunkel ist. Hieraus geht hervor, dass das elektrische Leuchten der Gase mit dem elektrischen Ausgleich auf das innigste zusammenhängt, dass insbesondere die Verteilung des Phosphorescenzlichtes derjenigen des Spannungsgefälles parallel ist.

Um die oben ausgesprochene und auf diese Erkenntnis gegründete Vermutung zu prüfen, habe ich mit geeigneten Mitteln untersucht, wie der Spannungsabfall in einer elektrisch leuchtenden Gaspartie durch Erhitzung mittelst eines in die Entladebahn tauchenden Heizkörpers verändert wird. Es zeigte sich, dass die Spannungsdifferenz zwischen zwei das Heizgebiet einschliessenden Querschnitten in den leuchtenden Räumen erniedrigt wird und zwar um so mehr, je höher die Temperatur des Heizkörpers ist. Durch die Erhitzung wird demnach in einem zuvor leuchtenden Raum ein relatives Minimum in die Kurve des Spannungsgefälles gedrückt.

Dieses Resultat bestätigt also unsere Vermutung, dass das Erlöschen des elektrischen Leuchtens mit einer Veränderung des elektrischen Ausgleichs an dem gleichen Ort verbunden sei. Es ist mit diesem Ergebnis die Erscheinung, dass ein durchströmtes Gas da, wo ihm eine hohe Temperatur erteilt wird, dunkel ist, in den Geltbereich des Satzes gerückt, dass ein Gas an Stellen, wo das Spannungsgefälle ein relatives Minimum hat, nicht elektrisch phosphoresciert.

4. Das Interesse an dem Einfluss der Erhitzung auf das elektrische Leuchten ist mit dem Vorstehenden noch nicht erschöpft. Die erhaltenen Resultate können noch zu folgenden Gedanken anregen.

Einerseits nimmt durch Erhitzung bis zu ungefähr 1500° ein verdünntes Gas die Eigen-

1) O. Lehmann, Die elektrischen Lichterscheinungen S. 376, Halle 1898.
2) J. Stark, Ann. d. Phys. 1, S. 424, 1900.
3) J. Stark, Wied. Ann. 68, S. 942, 1899. G. C. Schmidt, Physik. Zeitschr. 1, S. 252, 1900.

1) W. P. Graham, Wied. Ann. 64, S. 49, 1897.

schaften eines Leiters an;[1]) der elektrische Ausgleich erfolgt dann in ihm wahrscheinlich wie in Elektrolyten und Metallen durch Bewegung von Ionen. Andererseits ist ein durchströmtes verdünntes Gas da, wo es diese Temperatur hat, dunkel. Da wo also in einem Gas der elektrische Ausgleich auf Grund von gewöhnlicher Leitung oder Ionenbewegung erfolgt, hat keine elektrische Phosphorescenz statt; oder Ionenbewegung im Sinne der gewöhnlichen Leitung regt ein Gas nicht zur Phosphorescenz an.

1) J. Stark, Wied. Ann. 68, S. 942, 1899.

Eine Umkehrung oder Verallgemeinerung dieses Satzes, deren Berechtigung allerdings fraglich ist, führt zu folgender Vorstellung.[1]) In den dunklen Räumen eines Gasstromes besteht der elektrische Ausgleich lediglich in einer Bewegung von Ionen, die entweder infolge dauernder Dissociation vorhanden sind oder von Ionisationspartien herkommen; in den leuchtenden Räumen ist dies nicht ausschliesslich der Fall, dort mögen durch die elektrischen Kräfte Gasteilchen zu Ionen zerrissen werden.

1) Vergl. J. Stark, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1900, S. 83.

Göttingen, Phys. Inst. d. Univ. April 1900.

(Eingegangen 7. Mai 1900.)

BESPRECHUNGEN.

Fr. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik und verwandte Berufszweige. Bd. I, Berlin 1898, F. & M. Harrwitz. 2. Auflage.

Durch den mächtigen Aufschwung, welchen die deutsche Feinmechanik im Laufe der letzten Decennien erfahren hat, wurde es ein Bedürfnis, eine Zusammenstellung sowohl der in dieses Fach einschlagenden Betriebe als auch der Abnehmer zu besitzen. Schon der leider so früh verstorbene Direktor in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt, Dr. Löwenherz, hatte die Anregung zu einem solchen Werke gegeben. Durch mehrfache Umstände verzögerte sich jedoch die Herausgabe des Buches und erst im Jahre 1894 konnte die Firma Harrwitz in Berlin das jetzt in neuer, verbesserter und auf zwei Bände erweiterter Auflage vorliegende Adressbuch erscheinen lassen. Der erste Band trägt zunächst dem ersten oben erwähnten Punkte Rechnung und enthält die Firmen der deutschen Mechaniker in alphabetischer Ordnung und sodann dieselben nach Städten und weiterhin mit Rücksicht auf die speciellen Fabrikationszweige geordnet. Es sind in diesem Buche alle Firmen, soweit möglich auf Grund eigener authentischer Angaben aufgeführt, welche sich mit der Fabrikation mechanischer, optischer und glastechnischer Instrumente befassen oder deren handelsmässigen Vertrieb ausüben. Es ist dadurch auch dem Gelehrten ein Fingerzeig gegeben, woher er dieses oder jenes Instrument am zweckmässigsten beziehen kann. Ein zweiter Band wird dann Nachweise der ganzen Geschäfte und Institute geben, welche den Produzenten als Abnehmer namhaft gemacht werden können. Nach Eingang dieses zweiten Bandes werden wir auf das Werk zurückkommen; aber auch jetzt schon kann es als ein wichtiges und wertvolles Bindeglied sowohl der Feinmechaniker untereinander, als in deren Geschäftsverbindung mit den technischen und wissenschaftlichen Instituten angesehen werden. L. A.

(Eingegangen 30. April 1900.)

Tagesereignisse.

Der Regent von Braunschweig gab anlässlich seines Geburtstages der technischen Hochschule Braunschweig das Recht der Verleihung des „Dr. Ing.".

Personalien.

Der Chemiker Grimaux, Mitglied des „Institut de France" ist in Paris gestorben.

Der Chemiker Professor Dr. A. Claus, der kürzlich wegen Krankheit von seinem Lehramt an der Universität Freiburg i. Br. zurücktrat, ist im Alter von 60 Jahren gestorben.

Dem ausserordentlichen Professor an der Universität Heidelberg Dr. Karl Friedrich Auwers ist die etatmässige ausserordentliche Professur für organische Chemie an genannter Universität übertragen worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 34 u. 35. 2. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Graphische Thermodynamik elektrochemischer Prozesse.

(Zur Erinnerung an Hanns Luggin.)

Von F. Haber.

Die thermodynamischen Beziehungen zwischen der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes und der chemischen Reaktion, die darin abläuft, zählen zum Besterforschten in der Elektrochemie.

Der Gegenstand ist indessen dem Verständnis ein wenig schwer zugänglich und die Veranschaulichung der Ergebnisse bereitet Schwierigkeiten.

Mein im Dezember des Vorjahres verstorbener Freund und Kollege Hanns Luggin bediente sich in seinen Vorlesungen über theoretische Elektrochemie eines Darstellungsprinzipes, welches ich für besonders geeignet halte, die spröde Materie auf den ersten Anblick übersichtlich zu gestalten.

Die Grundlage ist gegeben durch die Wahl der freien Energie und der Temperatur als Koordinaten. Diese Koordinaten finden sich bereits angewandt in van t'Hoff-Cohens Studien zur chemischen Dynamik.[1] Doch ist die Behandlungsweise bei Luggin im einzelnen eine andere und durch die scharfe Betonung, welche die Unabhängigkeit der Wärmetönung von der Temperatur bei arbeitslosem Ablauf des Prozesses erfährt, wird ein besonderer Gewinn für die Anschaulichkeit erzielt. Zwar ist, wie z. B. bei Nernst (Theor. Chemie 1898, II. Aufl. S. 547, 629) besonders einleuchtend dargethan wird, diese Unabhängigkeit eine fictive Annahme und es hängt von dem Temperaturgang ab, den die spezifischen Wärmen der bei der Reaktion entstehenden und verschwindenden Körper aufweisen, ob sie sich der Wirklichkeit in engeren oder in weiteren Temperaturgrenzen genügend anschliesst. Damit ist auch die Auffassung der freien Energie als Temperaturfunktion von der Form $a + bT$ als eine Näherungsannahme gekennzeichnet, welche überdies die Voraussetzung strenger Gültigkeit des Gasgrundgesetzes ($P.V = RT$) einschliesst. Aber die grossen Vorteile, welche diese Annahmen für die Übersichtlichkeit des Ganzen gewähren, entschädigen für den Mangel an strenger Geltung, der ihnen anhaftet.

1) S. 250ff.

Bei dem Interesse, welches die Erläuterung der thermodynamischen Gesetzmässigkeiten besitzt, wird eine Wiedergabe des Lugginschen Vorgehens wohl vielen Fachgenossen willkommen sein. Die hinterlassenen Kollegnotizen des verstorbenen Freundes sind dabei als Unterlage benutzt. Um ein umfassenderes Bild des Gegenstandes zu bieten, habe ich die Betrachtung der Bredig-Knüpfferschen[1] Thalliumkette und die anschliessende Behandlung des Gleichgewichtes beigefügt, auch die schematische Erläuterung der Bodländerschen[2] Löslichkeitsbetrachtungen, deren Luggins Aufzeichnungen kurz gedenken, näher ausgeführt.[3]

Von einer Reihe naheliegender anderer Anwendungen ist namentlich darum abgesehen worden, weil dieselben an der angezogenen Stelle der van t'Hoff-Cohenschen Schrift in verwandter Weise bereits gegeben sind.

Die Arbeitsfähigkeit jeder Verwandlung, die isotherm und reversibel verläuft, lässt sich darstellen als die Summe zweier Grössen, von denen die eine der absoluten Temperatur proportional, die andere von ihr unabhängig ist.

1) Bredig, Ztschr. f. Elektrochem. 4, S. 544. Knüpffer, Ztschr. f. physik. Chem. 26, S. 255.
2) Ztschr. f. physik. Chem. 27, S. 55.
3) Mit (L) bezeichnete Figuren entnehme ich den Lugginschen Aufzeichnungen.

Als Modell diene der in Fig. 1 (*L*) dargestellte Cylinder mit beweglichem Kolben. In

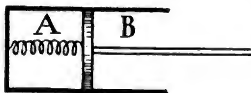


Fig. 1.

dem Kompressionsraume *A* befindet sich ein ideales Gas und eine Spiralfeder. Die reversible Arbeitsleistung bei der Spannung und Entspannung der Feder ist unabhängig von der Temperatur, ebenso wie es die Arbeitsleistung eines fallenden Steines, einer stromdurchflossenen Spule ist. Die Arbeitsleistung der Feder bei ihrer Entspannung — und umgekehrt der Aufwand an Arbeit, um sie zu spannen — hängt also nur ab von der Änderung ihrer inneren Energie. Leistet die Feder Arbeit, so nimmt diese innere Energie ab und wir bezeichnen diese Abnahme mit Q.

Die reversible und isotherme Arbeitsleistung eines Gases ändert hingegen seine innere Energie gar nicht. Hier ist also Q gleich Null und die geleistete Arbeit, welche im kalorischen Masse q sein möge, ist nach dem Gasgrundgesetz der absoluten Temperatur proportional, sonach $q = \eta T$, worin η eine charakteristische Konstante (Entropie) ist.

Bezeichnet man nach üblicher Ausdrucksweise die Arbeitsfähigkeit des Systems bei konstanter Temperatur als dessen freie Energie, so ist deren Wert, welcher nach seinem Vorzeichen über die Richtung entscheidet, in welcher der Prozess verläuft,

$$A = Q + q.$$

Bei physikalisch-chemischen Verwandlungen ist Q die Wärmetönung bei arbeitslosem Ablauf der Verwandlung, das ist die Wärmetönung bei konstantem Volumen. [1]) Bei der absoluten Temperatur Null wird die freie Energie dieser Wärmetönung gleich, weil q verschwindet.

Benutzt man die Temperatur und die freie Energie als Koordinaten, so ergeben sich, je nach dem Vorzeichen von Q und q, vier in Fig. 2 (*L*) dargestellte Formen. Die Linie der freien Energie gleich Null, ist in allen vier Darstellungen punktiert.

Zur Konstruktion verhilft folgende Regel. Man trägt die Wärmetönung bei konstantem Volumen, dargestellt durch eine Länge, von dem Nullpunkte aus auf der Abscissenaxe ab, und zwar, wenn sie positiv ist, nach rechts, wenn

1) Für manche Fälle, z. B. Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck, wird Q besser als Wärmetönung beim Drucke Null, also im angezogenen Beispiel als die Schmelzwärme im Vakuum definiert.

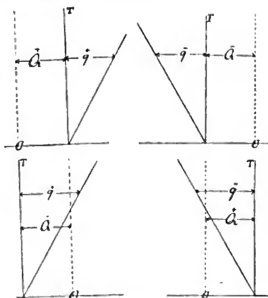


Fig. 2.

sie negativ ist, nach links. Im Endpunkte dieser Strecke errichtet man die *T*-Axe. Für irgend einen Wert von *T*, für welchen die freie Energie bekannt ist, zieht man die Parallele zur Abscissenaxe (Isotherme) und verlängert dieselbe bis zu dem Punkte, welcher von der gestrichelten Nulllinie nach rechts bezw. links um den positiven bezw. negativen Betrag der freien Energie absteht. Durch diesen Punkt und den Nullpunkt der *T*-Axe legt man die geneigte (Entropie-) Linie. Schneidet dieselbe die Nulllinie, so besteht an der Schnittstelle Gleichgewicht.

Aus dem erläuterten Schema geht — Fig. 3

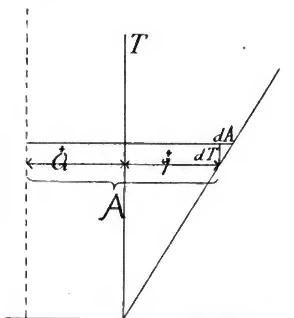


Fig. 3.

(*L*) — zunächst allgemein die Formel des zweiten Hauptsatzes hervor

$$\frac{A-Q}{T}=\frac{dA}{dT}.$$

Man denke sich nun einen Kreisprozess ausgeführt, wobei der Vorgang zunächst bei der Temperatur $T+dT$ längs der oberen der beiden Isothermen abläuft. Darauf werde die Temperatur um dT erniedrigt, der Prozess längs der unteren Isotherme bei T zurückgeführt und schliesslich durch Hebung der Temperatur um dT der Anfangszustand wieder erreicht. Hier ist dA die Mehrarbeit bei der höheren Temperatur, dT der Temperaturunterschied, auf dessen Kosten diese Mehrarbeit geleistet wurde. q hat längs der oberen Isotherme den Wert $\eta(T+dT)$, längs der unteren ηT und somit ist die Differenz $\eta dT=q\frac{dT}{T}=dA$. Wird dT gleich Null, so ist es, wie die Figur lehrt, auch dA. Eine isotherme Verwandlung, welche zum Ausgangspunkt zurückläuft, leistet also die Arbeitssumme Null.

Misst man die Arbeit im elektrischen Masse, so wird

$$E=\frac{A}{23110},$$

wenn E die elektromotorische Kraft in Volt, A die Arbeit in cal bedeutet. Die Gleichung

$$\frac{dA}{dT}=\frac{A-Q}{T}$$

geht dann über — Q die Wärmetönung pro 1 gr. Äquivalent — in

$$23110\frac{dE}{dT}=\frac{23110\,E-Q}{T}$$

und es wird:

$$E=\frac{Q}{23110}+T\frac{dE}{dT}\text{ (Helmholtzsche Formel).}$$

Ist q gleich Null, so wird

$$E=\frac{Q}{23110}\text{ (Thomsonsche Regel).}$$

Figur 4 bis 6 (L) stellen drei Anwendungen dar auf die Ketten

a) $Cu|Cu(C_2H_3O_2)_2\,aq:Pb(C_2H_3O_2)_2+100\,H_2O|Pb$,

b) $Ag|AgCl:ZnCl_2+100\,aq|Zn$,

c) $Hg|HgCl,KCl:KOH,Hg_2O|Hg$.

Die Zeichnung ist massstäblich (nach den Daten in Nernst, theoretische Chemie, II. Aufl., S. 651) ausgeführt.

In Figur 4 erkennt man, dass die freie Energie die Wärmetönung übertrifft, mit der sie der Richtung nach übereinstimmt. Das Element kühlt sich ab. Fig. 5 zeigt das umgekehrte Verhalten der Kette b. Fig. 6 schliesslich —

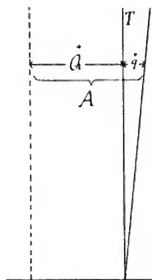


Fig. 4.

das Schema des Bugarszkyschen Elementes — zeigt, dass q den Wert von Q überwiegt und

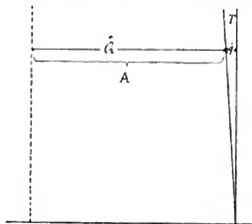


Fig. 5.

durch sein entgegengesetztes Vorzeichen den Prozess in jener Richtung abzulaufen nötigt, welche der Wärmetönung entgegengesetzt ist.

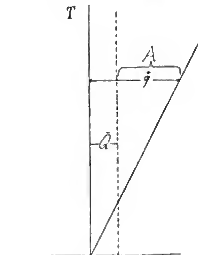


Fig. 6.

Man könnte versucht sein, beim ersten Anblick des Schemas zu vermuten, dass für das interessante Element Fig. 6 bei arbeitslosem Ablauf des Prozesses — also wenn dieser im Reagenzglas statt im Element vorgenommen wird — die Ablaufrichtung dem Vorzeichen von Q folgt, also die entgegengesetzte ist. Eine Betrachtung von Figur 1 belehrt vom Gegenteil. In dem vorliegenden Falle besteht die Arbeitsleistung des nach rechts gehenden Kolbens aus zwei Stücken: aus der Spannung der Feder und aus Zurückschieben des im Raum B herrschenden Druckes. Dem entspricht die Aufnahme einer Wärmesumme (Fig. 6) q, bestehend aus der Wärme Q zur Spannung der Feder, der Wärme A zur Zurückschiebung des Druckes. Fällt die äussere Arbeit — im Reagenzglas — fort, so wird A = Null. Das bedeutet, dass im Raum B (Fig. 1) absolutes Vakuum herrscht. Aber der Gasdruck im Raum A (Fig. 1) treibt darum den Kolben nicht anders als zuvor unter Spannung der Feder nach rechts. Die aufgenommene Wärme ist alsdann lediglich das Äquivalent der Spannungsarbeit der Feder, also Q. Die Bedingung umgekehrten Ablaufs erkennt man zunächst qualitativ, wenn man die Feder von Haus aus mit einiger Zugspannung im Raum A (Fig. 1) denkt. Sie ist offenbar gegeben, wenn der im Raum A (Fig. 1) herrschende den Stempel nach rechts treibende Druck unter eine gewisse Grenze sinkt. Dies geschieht einerseits, wenn das Gas im Raum A (Fig. 1) sich abgekühlt oder wenn es teilweise entfernt wird. Für den Fall der Abkühlung zeigt Fig. 6 dies quantitativ. Für den Fall der teilweisen Entfernung — Konzentrationsänderung — sind graphische Erläuterungen im folgenden bei der Thalliumamalgamkette zu geben.

Fig. 7 (ähnlich L) überträgt diese Darstellungsweise auf die Gaskette. Die Verhältnisse liegen hier

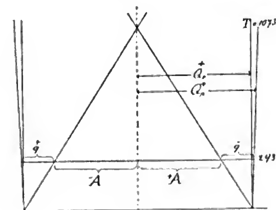
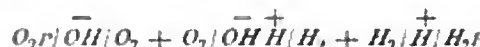


Fig. 7.

etwas verwickelter. Während in den bisher erläuterten Fällen die im Kalorimeter bei Atmosphärendruck ermittelte Wärmetönung für die Wärmetönung bei konstantem Volumen genommen werden konnte, gilt dies hier nicht mehr, weil bei der Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff zu flüssigem Wasser die Atmosphäre gegen das System eine erhebliche Arbeit leistet. Diese Arbeit beträgt für 1 Aeq. Wasserstoff und $\frac{1}{2}$ Aeq. Sauerstoff $\frac{3}{4}$ RT, also bei 20° C. 440 cal. $Q_{(p)}$ ist sonach für konstanten Druck bei dieser Temperatur 34200 cal, während $Q_{(v)}$ bei konstantem Volumen 33760 cal beträgt. Denkt man das Gaselement in einem Kalorimeter bei dem konstanten Wasserstoff- bezw. Sauerstoffdruck von einer Atmosphäre arbeitend, während der Stromkreis, den es speist, ausserhalb des Kalorimeters liegt, setzt man ferner voraus, der innere Widerstand des Elementes verschwinde gänzlich gegen den äusseren, so würde bei 20° weder Erwärmung noch Abkühlung im Kalorimeter auftreten, falls 34200 cal bei der Bildung eines Äquivalentes Wasser im äusseren Stromkreise als elektrische Arbeit geleistet werden. Die E. M. K. wäre dann $\frac{34200}{23110}$ = 1,480 Volt. Die beobachtete E. M. K. beträgt 1,062 Volt. Sonach ist die von dem Kalorimeter an das Element abgegebene Wärme — (1,480 — 1,062) 23110 = — 0,418 . 23110 = — 9660 cal. Aus dem beobachteten Temperaturkoeffizienten $\frac{dE}{dT} = -0{,}00142$ folgt $T\frac{dE}{dT} = -0{,}416$ Volt $= -9614$ cal. Diese Daten giebt Fig. 7 graphisch, in welcher die rechte Hälfte den Vorgang der Wasserbildung, die linke den entgegengesetzten Vorgang der Wasserzerlegung darstellt. Die Entropielinien streben einem bei 800° C. gelegenen gemeinsamen Schnittpunkt mit der Nulllinie der freien Energie zu.[1] $\left(\frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{24540}{33760} = 0{,}727,\ T_2(1 - 0{,}727) = 293,\ T_2 = 1073\right)$. Vollstän-

---

1) Die Neigung der Entropielinie ist zwei Einflüssen unterworfen, welche sie ändern. Der eine ist der des Druckes. Lässt man den Sauerstoff und Wasserstoff statt bei dem Druck von 1 Atmosphäre bei dem von P Atmosphären in der Kette Wasser bilden, so kann das neue System betrachtet werden als Summe zweier Konzentrationsketten und der ursprünglichen Kette


$$O_{2P}\,|\,\overset{-}{OH}\,|\,O_2 + O_2\,|\,\overset{-}{OH}\,\overset{+}{H}\,|\,H_2 + H_2\,|\,\overset{+}{H}\,|\,H_{2P}$$

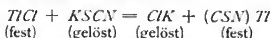
und die Werte der beiden Konzentrationsketten, $\frac{1}{4}$ $RT\ln P$ für die linksstehende und $\frac{1}{2}$ $RT\ln P$ für die rechtsstehende addieren sich mit $\frac{3}{4}$ $RT\ln P$ zu dem Werte der mittleren Kette. Für $P = 100$ und $T = 290$ resultiert ein Zuwachs der E.M.K. von 0,0865 Volt, während 0,0845 Volt von Gilbault (C. R. 113, S. 465) beobachtet wurde. Die beiden zugefügten Konzentrationsketten haben bei $T = 0$ wie alle Konzentrationsketten die E.M.K. Null und so kann die Entropielinie für den Druck von 100 Atmosphären vom Fusspunkt der T-Axe mit einer um soviel steileren Richtung gezogen werden, dass die Isotherme von 290° erst im Abstand 1,062 + 0,0865 Volt, von der Nulllinie aus ge-

dig gleichartig lässt sich die Chlor-Wasserstoffkette graphisch veranschaulichen, bei welcher die Entropielinien gegen den Wert der Nulllinie hinstreben, welcher der Temperatur $T = 1290$ (1017° C.) entspricht und Q, 38764 cal ausmacht.

Den Fall, dass der Schnittpunkt von Entropielinie und Nulllinie bei bequem erreichbarer Temperatur liegt, verwirklicht die Kette

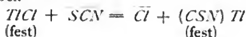
Thallium-amalgam $TlCl$ (fest) KCl $KSCN$ $TlSCN$ (fest) Thallium-amalgam

Die ablaufende Reaktion ist



$$\underset{\text{(fest)}}{TlCl} + \underset{\text{(gelöst)}}{KSCN} = \underset{\text{(gelöst)}}{ClK} + \underset{\text{(fest)}}{(CSN)\,Tl}$$

Diese Reaktion verläuft unter Entbindung von 3180 cal. Man kann sie in der Form schreiben



$$\underset{\text{(fest)}}{TlCl} + \overline{SCN} = \overline{Cl} + \underset{\text{(fest)}}{(CSN)\,Tl}$$

und man bringt dadurch zum Ausdruck, dass es nicht auf die Kaliumionen, sondern nur auf die Rhodanionen und Chlorionen ankommt. Die E.M.K. der Kette fand Knüpffer bei dem Verhältnis $\frac{Cl}{SCN} = 0{,}84$ und 20° C. zu 0,0105 Volt, bei demselben Verhältnis und 0,8° C. zu 0,0175 Volt. Es berechnet[1]) sich q im ersten Falle zu $-$ 2939,6 cal, im zweiten zu $-$ 2777,8 cal. $\frac{q}{T}$ ergiebt sich im Mittel aus beiden Messungen zu 10,088 und die Temperatur, bei welcher die Entropielinie die Nulllinie schneidet, wird $\frac{3180}{10{,}088} = 315{,}2$, d. i. 42,2° C. (Knüpffers Messung: 42,3° C.). Oberhalb dieses Wertes kehrt sich die elektromotorische Kraft um.

Bei einem anderen Verhältnis der Chlorionen zu den Rhodanionen, nämlich $\frac{Cl}{CSN} = 1{,}52$, ist die Neigung der Entropielinie eine andere. Die Temperatur des Polwechsels liegt bei 9,2° C. Diese Linie ist in Fig. 8 mit eingetragen.

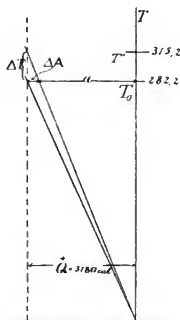


Fig. 8.

In beiden Fällen ist im Schnittpunkte nach der früheren Ableitung

$$-\frac{Q}{23110} = T\frac{dE}{dT}.$$

Daraus berechnet sich

$$\frac{dE}{dT} = 0{,}00044 \text{ für } \frac{Cl}{CSN} = 0{,}84,$$

beobachtet 0,00042,

rechnet, sie schneidet. Umgekehrt verlegt Druckverkleinerung die Entropielinie nach links und für $P = 10^{-25}$ Atmosphären wird die E.M.K. bei Zimmertemperatur Null.

Andererseits ist die Neigung der Entropielinie veränderungsfähig, wenn bei konstantem Gasdruck das entstehende Wasser eine Veränderung erfährt. Nach der Nernstschen Formel ist die Kraft der Gaskette

$$E = RT\left[ln\, C_{O_2}^{\frac{1}{2}} . C_{H_2}^{1} - ln\, C_{\overline{OH}} . C_{\overset{+}{H}}\right].$$

Nun ist $C_{\overline{OH}} . C_{\overset{+}{H}} = kC_{H_2O}$. Bleibt k, C_{O_2}, C_{H_2} und T unverändert, so ist eine Änderung von E als Konzentrationsänderung des Wassers aufzufassen. Unter einem verdünnteren Wasser ist dabei ein Wasser zu verstehen, in welchem eine andere Substanz gelöst ist. Dabei sinkt der Dampfdruck des Wassers, so dass der Betrag dieses Druckes als Mass der Wasserkonzentration betrachtet werden darf. So wird der Kraftunterschied zweier Ketten

$$E - E_1 = RT(ln\, C_{O_2}^{\frac{1}{2}} . C_{H_2}^{1} - ln\, C_{\overline{OH}} . C_{\overset{+}{H}})$$
$$- RT(ln\, C_{O_2}^{\frac{1}{2}} . C_{H_2}^{1} - ln\, C'_{\overline{OH}} . C'_{\overset{+}{H}})$$
$$E - E_1 = RT\, ln \frac{C'_{H_2O}}{C_{H_2O}} = RT\, ln \frac{p'}{p},$$

wobei p' der Dampfdruck des verdünnten, p der des reinen Wassers ist. Hier ist nun noch zu beachten, dass die Verdünnung des Wassers ihrem Wesen nach nichts anderes ist als die Konzentrationssteigerung einer wässrigen Lösung bezogen auf den gelösten Bestandteil. Eine solche Konzentrationssteigerung erfordert (osmotischen) Arbeitsaufwand. $E - E_1$ bedeutet also eine gewonnene, hingegen $RT\, ln \frac{C'_{H_2O}}{C_{H_2O}}$ und $RT\, ln \frac{p'}{p}$ eine aufgewandte Arbeit und durch Vertauschung von Zähler und Nenner hinter dem Zeichen ln werden beide Seiten der Gleichung übereinstimmend: $E - E_1 = RT\, ln \frac{p}{p'}$. Da dieser Ausdruck für $T =$ Null verschwindet, so erkennt man, dass je nach dem Dampfdruck der Lösung die Entropielinie sich mehr oder minder nach links neigt und zwar um so stärker, je kleiner der Dampfdruck ist.

1) In Berücksichtigung der von Knüpffer anderweitig ermittelten Werte der Gleichgewichtskonstante.

$$\frac{dE}{dT} = 0{,}00049 \text{ für } \frac{Cl}{CSN} = 1{,}52,$$

beobachtet 0,00046.

Ziehen wir im Punkte des Polwechsels der Kette mit konzentrierterer Chlorkaliumlösung die Isotherme der freien Energie nach rechts, bis sie die Entropielinie der Kette mit verdünnterer Chlorkaliumlösung schneidet. Die Länge dieser Linie entspricht nach dem Massstab des Schemas 333,5 cal gleich 0,0144 Volt (beobachtet 0,015 Volt). Diese Länge giebt das Mehr an freier Energie $\triangle A$, welches die Kette mit dem Konzentrationsverhältnis $\frac{Cl}{CSN} = 0{,}84$ gegen die andere Kette mit dem Verhältnis $\frac{Cl}{CSN} = 1{,}52$ besitzt. Zur Vereinfachung nehmen wir an, dass dieser Unterschied der Konzentrationsverhältnisse darauf zurückgehe, dass bei unveränderter Rhodanionenkonzentration die Konzentration der Chlorionen von 0,84 auf 1,52 vermindert worden sei. Dann entspricht jene Länge der maximalen osmotischen Arbeit, welche beim Übergang von 1 g Äquivalent Chlorionen von der Konzentration 1,52 auf die Konzentration 0,84 geleistet werden kann. Diese Arbeit ist gleich jenen 333,5 cal.

$$A = RT ln \frac{C}{C_1} = 2 . 282{,}2 \; ln \frac{1{,}52}{0{,}84} = 333{,}5 \text{ cal.}$$

Denkt man diese Arbeit in einer Chlorionenkonzentrationskette (ohne Überführung) geleistet, so entspricht ihr der Wert

$$\frac{333{,}5}{23110} = 0{,}0144 \text{ Volt.}$$

Verlängert man die eben diskutierte Isotherme, bis sie die T-Axe schneidet, also um a, so ist der Sinn dieser neuen Strecke eine fortschreitende Verkleinerung der Chlorionenkonzentration und es extrapoliert sich aus den gegebenen Daten der Wert:

$$3180 = 2 . 282{,}2 \; ln \frac{1{,}52}{x},$$

sonach $x = 0{,}0053$. Eine Änderung der Konzentration der Chlorionen im Verhältnis $\frac{1{,}5}{0{,}0053}$ wurde sonach bei 9,2° bedingen, dass die E. M. K. der Wärmetönung gleich wird. Noch stärkere Verdünnung würde bewirken, dass die Entropielinie nach rechts von der T-Axe zu liegen kommt, die E. M. K. also die Wärmetönung überwiegt.

Es ist sonach ohne weiteres anschaulich, dass die abweichenden Gestalten, in welchen das Diagramm der verschiedenen Ketten in den früheren Figuren (4—7) sich darstellt, als Wirkung von Konzentrationsverhältnissen betrachtet werden können. Soweit deren Änderung möglich ist, wird also die Neigung der Entropielinie beliebig modifiziert werden können. In dem erläuterten Falle wuchs die E. M. K. durch Abnahme der Chlorionenkonzentration. Die Rhodanionenkonzentration wurde als konstant betrachtet. Nimmt man umgekehrt die Chlorionenkonzentration als konstant, die der Rhodanionen als wachsend an, so bleiben die Betrachtungen die gleichen. Die E. M. K. wird jetzt gleich der Wärmetönung, wenn die Rhodanionenkonzentration bei 9,2° C. im Verhältnis $\frac{1{,}5}{0{,}0053}$ wächst. Nach der Reaktionsgleichung verschwinden Rhodanionen beim Umsatz, während Chlorionen auftreten. Die E. M. K. wächst also mit der Konzentrationszunahme der verschwindenden (ausfallenden) Ionen mit der Konzentrationsabnahme der auftretenden (in der Lösung entstehenden Ionen). Überträgt man die gleiche Betrachtung auf den Fall der Bugarszkyschen Kette, so ist von deren Reaktionsgleichung auszugehen, welche wie folgt geschrieben werden kann:



$$HgCl + \overline{OH} = {}^1\!/_2 Hg_2O + {}^1\!/_2 H_2O + \overline{Cl}.$$

Es entstehen also Chlorionen, während Hydroxylionen verschwinden. In der Bugarszkyschen Kette kam experimentell das Konzentrationsverhältnis $\frac{\overline{Cl}}{\overline{OH}} = 1$ zur Anwendung. Bei gleichbleibender Konzentration der Chlorionen wird also die E. M. K. sinken, wenn die Hydroxylionen abnehmen, also die Alkalität schwächer wird. Indem wir längs der Isotherme in Fig. 6 von rechts nach links fortschreiten, vollziehen wir also in dem Elemente die Änderung, dass wir die ursprünglich $^1/_{100}$ n. Kalilauge, in welcher Quecksilberoxydul zur Verwendung kam, immer verdünnter machen. Aus den Bugarszkyschen Daten lässt sich extrapolieren, dass bei 0° C. Polwechsel auftritt, wenn die Konzentration des Alkalis $0{,}18 . 10^{-4}$ normal ist und dass die Kette im Sinne der Wärmetönung und mit der dieser entsprechenden E. M. K. abläuft, wenn die Alkalität nur noch der 10^{-6} fach normalen entspricht. Gehen wir noch weiter nach links, so treten wir bald in das Gebiet, wo die Alkalität kleiner als die des Wassers ist, also in das Bereich saurer Lösungen, in welchen, wie der Versuch lehrt, Calomel prompt aus Quecksilberoxydul und Salzsäure gebildet wird.

Die Länge a, Fig. 8, besitzt danach den Charakter der Arbeitsleistung einer Konzentrationskette. Die E. M. K. der Kette mit dem

Verhältnis $\frac{Cl}{CSN} = 0{,}84$ hat bei $9{,}2^0$ C. den Wert

$$E = \frac{Q}{23110} - a = \frac{Q}{23110} - RT_0 \ln \frac{C'}{C''},$$

wo $\frac{C'}{C''}$ das Verhältnis der Rhodanionen- oder der Chlorionenkonzentrationen im erläuterten Sinne ist.

Andererseits folgt aus der Figur

$$a : T_0 = \triangle A : \triangle T,$$

also wenn wir statt $\triangle A$ den entsprechenden Wert $\triangle E$ setzen und $\triangle T$ sehr klein gegen T_0 denken:

$$E = \frac{Q}{23110} - T_0 \frac{dE}{dT}$$

und durch Subtraktion ergiebt sich

$$RT_0 \ln \frac{C'}{C''} = T_0 \frac{dE}{dT},$$

d. i. die Identität der beiden Formeln für die Konzentrationskette (ohne Überführung).

Aus Fig. 8 folgt anschaulich noch ein weiteres. Längs der Nulllinie der freien Energie besteht chemisches Gleichgewicht. Die Voraussetzung desselben bei gegebener Temperatur ist, dass die an der Reaktion teilnehmenden Substanzen in einem von ihrer Natur abhängigen charakteristischen Konzentrationsverhältnis stehen. Dieses feste Konzentrationsverhältnis heisst bekanntlich die Gleichgewichtskonstante.

Für die Reaktion



$$na + n'b = n''c + n'''d$$

ist diese Konstante

$$K = \frac{C_c^{n''} \cdot C_d^{n'''}}{C_a^{n} \cdot C_b^{n'}}.$$

Wir nehmen an, die experimentell gegebenen Konzentrationen der vier Stoffe a, b, c, d seien andere, die Temperatur hingegen bleibe unverändert. Dann hat die elektromotorische Kraft einer Kette, deren Reaktionsgleichung der angegebenen Beziehung zwischen a, b, c, d folgt, einen im Schema gut anschaulichen Wert. Es sei dies an der Thalliumkette erläutert. Bei dieser sind die vier an der Reaktion teilnehmenden Substanzen festes Chlorthallium, festes Rhodanthallium, Chlorionen, Rhodanionen. Sie treten in der Reaktionsgleichung sämtlich mit der Molekülzahl 1 auf. Es ist also

$$n = n' = n'' = n''' = 1.$$

Der Wert des Konzentrationsverhältnisses im Gleichgewichte ist sonach

$$\frac{C_{CSNTl} \cdot C_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl} \cdot C_{\bar{CSN}}}.$$

Liegen die am Umsatz teilnehmenden Körper in irgend einem anderen Konzentrationsverhältnis vor, so kann der Unterschied sich nur beziehen auf die Konzentrationen der Chlorionen und Rhodanionen; denn festes Chlorthallium und festes Rhodanthallium bleiben bei ungeänderter Temperatur Grössen von unveränderlicher Konzentration. Das neue Verhältnis wird also

$$\frac{C_{CSNTl} \cdot C'_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl} \cdot C'_{\bar{CSN}}}.$$

Dem Übergang von einer Konzentration zur anderen entspricht nun nach früherer Betrachtung für jeden Bestandteil die E. M. K. der Konzentrationskette, in welcher man diesen Übergang vollzogen denkt. Für die 4 Bestandteile ergeben sich 4 Ketten.

$$1)\ RT\ln \frac{C_{CSNTl}}{C_{CSNTl}}, \qquad 2)\ RT\ln \frac{C_{ClTl}}{C_{ClTl}},$$

$$3)\ RT\ln \frac{C_{\bar{Cl}}}{C'_{\bar{Cl}}}, \qquad 4)\ RT\ln \frac{C_{\bar{CSN}}}{C'_{\bar{CSN}}}.$$

Der Wert von 1) und 2) ist Null, weil Zähler und Nenner — Ausgangs- und Endkonzentration der Kette — gleich sind. Für den Wert 3) und 4) ist zu beachten, dass beim Übergang von C zu C', wenn $C_{\bar{Cl}} > C'_{\bar{Cl}}$ ist, im Schema die E. M. K. einen Wert nach rechts hin annimmt, wenn $C_{\bar{CSN}} > C_{\bar{CSN}}$ umgekehrt nach links hin. Die Ausdrücke 3) und 4) subtrahiert ergeben also die Summe der Übergangsarbeiten von dem Zustand $\frac{C_{CSNTl}\, C_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl} \cdot C_{\bar{CSN}}}$ zu dem andern $\frac{C_{CSNTl}\, C'_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl} \cdot C'_{\bar{CSN}}}$, versinnlicht durch die (in Beachtung der Vorzeichen gebildete) algebraische Summe der Längen, welche 3) und 4) entsprechen. Beim Konzentrationsverhältnis $\frac{C_{CSNTl} \cdot C'_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl} \cdot C_{\bar{CSN}}}$ besteht nach der Voraussetzung Gleichgewicht, also ist die E. M. K. dort Null. Bei dem abweichenden Zustand $\frac{C_{CSNTl} \cdot C'_{\bar{Cl}}}{C_{ClTl}\, C'_{\bar{CSN}}}$ ist die Kraft der Kette danach

$$E = RT\ln \frac{C_{\bar{Cl}}}{C'_{\bar{Cl}}} - RT\ln \frac{C_{\bar{CSN}}}{C'_{\bar{CSN}}}$$

$$= RT\left[\ln \frac{C_{\bar{Cl}}}{C_{\bar{CSN}}} - \ln \frac{C'_{\bar{Cl}}}{C'_{\bar{CSN}}}\right].$$

Die Konzentration der festen Phasen ist also ohne Belang und wir können das Verhältnis $\frac{C_{\bar{Cl}}}{C_{\bar{CSN}}} = k$, d. h. das Konzentrationsverhältnis, welches die Bestandteile von veränderlicher Konzentration im Gleichgewichte haben, als definierende Konstante des Gleichgewichts bei gegebener Temperatur ansehen. So folgt die van t'Hoffsche Formel

$$E = RT\left[ln\,k - ln\,\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{CSN}}\right].$$

Wir gehen wieder auf Fig. 8 zurück. Die E. M. K. ist Null für die Kette mit dem Verhältnis $\frac{C_{\bar{a}}}{C_{\overline{CSN}}} = 0{,}84$ bei T', für die Kette mit dem Verhältnis $\frac{C_{\bar{a}}}{C_{\overline{CSN}}} = 1{,}52$ bei T_0. Aus der letzten Formel folgt für $E = 0$

$$ln\,k' = ln\,\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{\overline{CSN}}} = ln\;0{,}84 \text{ bei } T',$$

$$ln\,k = ln\,\frac{C''_{\bar{a}}}{C''_{\overline{CSN}}} = ln\;1{,}52 \text{ bei } T_0.$$

Die Übergangsarbeit von dem Konzentrationsverhältnis 0,84 zum Konzentrationsverhältnis 1,52 ist zuvor als die Länge $Q - a$ eingehend charakterisiert worden. Diese Länge ist, wenn wir für die Konzentrationsverhältnisse nun k und k' einsetzen, gleich $RT_0\,ln\,\frac{k}{k'}$ und aus der Figur folgt

$$T' - T_0 : T' = RT_0\,ln\,\frac{k}{k'} : Q,$$

$$ln\,\frac{k}{k'} = \frac{Q}{R} \cdot \frac{T' - T_0}{T' \cdot T_0},$$

d. i. die integrierte Form der Reaktionsisochore.[1])

Betrachtet man sowohl k von k' als T_0 von T' unendlich wenig verschieden, so wird

$$RT_0\,ln\,\frac{k}{k'} = RT_0\,d\,ln\,k,$$

$T' - T_0$ wird dT und der Ausdruck

$$dT : T' = RT_0\,d\,ln\,k : Q$$

wird um der unendlich kleinen Verschiedenheit von T' und T_0 willen

$$\frac{d\,ln\,k}{dT} = \frac{Q}{RT^2},$$

d. i. die Gleichung der Reaktionsisochore selbst.

Zurückkehrend zu dem Ausdruck

$$E = RT\left[ln\,\frac{C_{\bar{a}}}{C_{\overline{CSN}}} - ln\,\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{\overline{CSN}}}\right]$$

erkennen wir folgendes. Wird $\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{CSN}}$ gleich 1, so verschwindet der zweite Logarithmus und die Grösse

$$E = RT\,ln\,\frac{C_{\bar{a}}}{C_{\overline{CSN}}} = RT\,ln\,k$$

bezeichnet im elektrischen Masse die Arbeit, welche die besprochene Thalliumkette beim gegebenen Konzentrationsverhältnis gleich eins liefert. Zeichnen wir in Fig. 9 die Entropielinie für dieses Konzentrationsverhältnis (bezeichnet $\frac{C}{C_1} = 1$) und betrachten wir die E. M. K. für irgend eine Temperatur T_0 und ein Konzentrationsverhältnis $\frac{C}{C_1} = x$ nach dem Schema. Die Länge A repräsentiere diese E. M. K. Die Thomsonsche Regel setzt $A = Q$. Die Helmholtzsche Formel giebt den Wert q einer Konzentrationskette an, welche gleich $A - Q$ ist und zwar in der Form $T\frac{dE}{dT}$. Die van t'Hoffsche Formel giebt den Wert A als Summe von a und b. b ist gleich $RT\,ln\,k$, a ist gleich $-RT\,ln\,\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{CSN}}$. Das zweite Glied hat ein negatives Vorzeichen, weil $\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{CSN}} < 1$ ist, sobald die ihm zugehörige Entropielinie rechts von der des Konzentrationsverhältnisses 1 liegt. In diesem Falle ist also $RT\,ln\,\frac{C'_{\bar{a}}}{C'_{CSN}}$ als Logarithmus eines echten Bruches eine negative Zahl und $-RT\,ln\,\frac{C'_{cc}}{C'_{CSN}}$ gleich der positiven Länge a. Allgemein betrachtet bedeutet der Vorzeichenunterschied, dass b von der Nulllinie aus, a von der Entropielinie $\frac{c}{c_1} = x$ aus zur Einheitsentropielinie gerechnet ist.

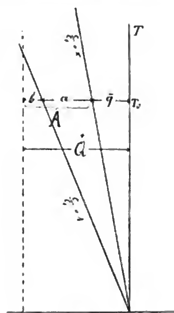


Fig. 9.

1) Ausrechnung ergiebt für $\frac{Q}{R} \cdot \frac{T' - T_0}{T' \cdot T_0}$ dem Wert 0,5899 entsprechend $ln\,\frac{1{,}515}{0{,}84}$ statt $ln\,\frac{1{,}52}{0{,}84}$.

Die Formel von Nernst stimmt überein in der graphischen Darstellung mit der von van t'Hoff. Schreibt man sie in der Form

$$E = RT\left[ln \frac{C_{MI}}{C_{MII}} - ln \frac{C_{mI}}{C_{mII}}\right],$$

wo C_{MI} und C_{MII} die Konzentrationen oder, wenn man will, die Lösungstensionen der Elektrodenmetalle und C_{mI} und C_{mII} die Konzentrationen der zugehörigen Ionen bedeuten, so wird anschaulich, dass hier die Strecke $b = RT ln \frac{C_{MI}}{C_{MII}}$ ist, während sie nach van t'Hoffs Formel $b = RT ln \frac{C_{mIo}}{C_{mIIo}}$ war, wo das beigesetzte o die Gleichgewichtskonzentration bedeutet. Die Strecke b versinnlicht den Teil der Arbeitsleistung, welcher für konstante Temperatur lediglich von der chemischen Natur der Gleichgewichtsteilnehmer abhängt. Die Nernstsche Formel führt die Konzentration der Ionenbildner für die der Ionen im Gleichgewichte ein und ermöglicht dadurch die ungemein fruchtbare Zerlegung des Vorgangs in der Kette in die Sonderarbeiten an den Elektroden.

Von den betrachteten Verhältnissen leitet uns eine einfache Beziehung zu dem Zusammenhang von Löslichkeit und E. M. K. Legen wir eine Kette vom Typus Thallium | Thalliumjodür | Jod der Erörterung zu Grunde. Hier ist

$$E = RT ln \frac{C_{Tl}}{C_{Tl}^{+}} + RT ln \frac{C_J}{C_J^{-}},$$

wo C_{Tl} und C_J die Konzentration festen Jods und Thalliums darstellen. Umgeformt wird

$$E = RT[ln\, C_{Tl} \,.\, C_J - ln\, C_{Tl}^{+} C_J^{-}]$$

oder auch

$$E = RT[ln\, C_{Tlo}^{+} C_{Jo}^{-} - ln\, C_{Tl}^{+} C_J^{-}],$$

wo der Index o jetzt Gleichgewichtskonzentrationen bedeutet. Macht man die Annahme, dass komplizierende Einflüsse, wie Hydrolyse, Gegenwart anderer gleichioniger Zusätze, ausgeschlossen sind, so ist die Anzahl der Jodionen gleich der der Thalloionen. Und es ist $C_{Tl}^{+} = C_J^{-} = C_S$, wo C_S die Konzentration des in dissoziierter Form im Elektrolyten gelösten Salzes darstellt. Sonach wird

$$E + 2RT ln\, C_S = RT ln\, C_{Tlo}^{+} \,.\, C_{Jo}^{-} = RT ln\, k.$$

Hier ist nun $RT ln\, C_{Tlo}^{+} \,.\, C_{Jo}^{-} = RT ln\, k$ im Diagramm (Fig. 9) die eingehend erläuterte Strecke b, welche die Übergangsarbeit von der Gleichgewichtskonzentration zur Konzentration eins der Gleichgewichtsteilnehmer versinnlicht. Elektrisch gemessen bedeutet dies die E. M. K. der Thallium-Jod-Kette, wenn dieselbe mit einer $\frac{1}{1}$ ionennormalen Jodthalliumlösung arbeitet und somit auch die Gegenkraft, welche erforderlich ist, um aus dieser Lösung die Ionen zu entladen. Diese Gegenkraft heisst die Zersetzungsspannung und stellt sich dar als Summe der Zersetzungsspannungen des Anions E_A und des Kations E_K und es wird

$$E + 2RT ln\, C_S = E_A + E_K.$$

Da E_A und E_K bekannt sind, erlaubt die Messung von E die Berechnung von C_S. Aus der Formel folgt, dass je kleiner C_S, um so grösser E wird. Dies entspricht dem Umstande, dass sowohl Anionen wie Kationen im vorliegenden Falle bei der Arbeitsleistung der Kette aus den ionenbildenden Elektroden entstehen. Wie aber früher erörtert, steigt die E. M. K. mit abnehmender Konzentration der beim Umsatz entstehenden Ionen. Es sei nun C_S zunächst sehr klein, dann wird die Entropielinie, die zu diesem C_S-Wert gehört, nach rechts hin wie in Fig. 4 von der T-Axe liegen. Lassen wir C_S wachsen, wandern wir also längs der Isotherme der Kette der Nulllinie der Energie zu, so wird der Fortgang dort sein Ende finden, wo die Löslichkeitsgrenze erreicht ist, da C_S alsdann nicht weiter zunehmen kann. Bodländer[1]) begründet nun die Wahrscheinlichkeit der Annahme, dass dieser C_S-Wert dicht bei oder im Schnittpunkt der Isotherme mit der T-Axe liegt, dass also die E. M. K. der mit gesättigter Lösung arbeitenden Thalliumjodkette oder was dasselbe ist, die Zersetzungsspannung der gesättigten Jodthalliumlösung gleich oder fast gleich dem Wert ist, den die Thomsonsche Regel liefert. Die Argumentation geht von dem von Luther (Ztschr. f. physik. Chem. 19. 539) zuerst behandelten Satze aus, dass die Elektrolyse gesättigter Salzlösung in Anwesenheit festen Salzes nichts anderes bedeutet als Zerlegung festen Salzes selbst, da der Konzentrationszustand in der Lösung der gleiche bleibt. Sind nun die Produkte der Zerlegung, gleich dem zerlegten Salz selbst, feste Körper, so kann man als plausibel gelten lassen, dass die freie Energie wohl annähernd der Wärmetönung gleich sein wird. Die Formel

$$E_K + E_A - \frac{Q}{23110} = 2RT ln\, C_g$$

liefert nun sofort den Wert für die Löslichkeit C_g des Thallojodürs, wobei $2RT ln\, C_g$ im

1) Z. f. physik. Chem. l. c. Die Behandlung mehrwertiger Ionen ist dort gegeben. Hier ist sie im Interesse der Einfachheit weggelassen. Ebenso ist hier, da es sich nur um die schematische Verdeutlichung handelt, ein näheres Eingehen auf die Abweichungen unterblieben, welche die unvollständige Dissociation und Hydratbildungen bedingen. Es ist also hier angenommen, dass der feste Bodenkörper in der gesättigten Lösung als völlig dissoziiertes Salz, aber sonst unverändert vorhanden sei.

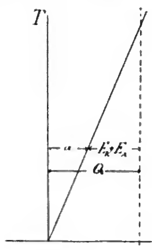


Fig. 10.

Schema Fig. 10 der Länge a gleich ist. Es ergiebt sich so, wie Bodländer zeigt, in der That zwischen beobachteter und berechneter Löslichkeit befriedigende Übereinstimmung.

Die Übertragung auf Bromide erfordert die Zuhilfenahme des Schemas Fig. 11 *(L)*. Dies erläutert den Fall, dass eine Elektrode in zwei Aggregatzuständen etwa ein Metall im festen

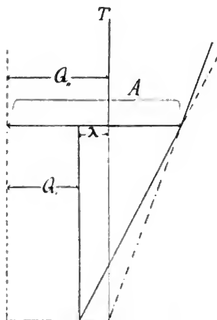


Fig. 11.

und geschmolzenen Zustande benutzt wird. Denken wir zunächst die Metallelektrode im Schmelzpunkte einmal fest und aus diesem Zustande in den Ionenzustand übergehend, das andere mal flüssig und aus diesem Zustande Ionen bildend, so muss die E. M. K., wenn alle übrigen Verhältnisse im Elemente die gleichen bleiben, dieselbe sein. Denn wie als erste Nutzanwendung aus dem Schema abgeleitet wurde, muss ein bei konstanter Temperatur ablaufender Kreisprozess die Arbeitssumme Null ergeben. Ein solcher Kreisprozess aber ist gegeben durch die 4 isothermen Vorgänge: 1. Schmelzen, 2. Bildung von 1 gr. Aeq. Ionen aus geschmolzenem Metall, 3. Erstarrenlassen, 4. Fällung von 1 gr. Aeq. Ionen als festes Metall.

Sei nun $Q_{,}$ die Wärmetönung des Elementes wenn es mit festem Metall als Elektrode arbeitet und λ die Schmelzwärme (bei arbeitslosem Schmelzen, im Vakaum), so wird die Abnahme der inneren Energie bei der Bethätigung des Elementes mit flüssiger Elektrode $Q_{,} + \lambda = Q_{,,}$ sein. Daraus ergiebt sich im Verein mit der Übereinstimmung der E. M. K. beim Schmelzpunkte für beide Aggregatzustände die Konstruktion des Schemas. Die Entropielinien sind in dem Gebiete instabiler Zustände nur punktiert.[1])

Wenden wir die Betrachtung auf die Kette Metall Metallbromid in gesättigter Lösung Brom an, so folgt unter der Annahme, dass für den Zerfall in festes Brom und festes Metall die

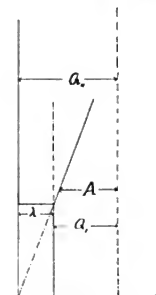


Fig. 12.

E. M. K. der Wärmetönung gleich ist Fig. 12 *(L)*, und man erkennt, dass in der Formel

$$\frac{Q}{23110} + 2\,RT\ln C_g = E_A + E_K$$

für C_g stets zu kleine Werte zu erwarten sind, wenn für Q die Bildungswärme des Bromids aus flüssigem Brom $Q_{,,}$ gesetzt wird, während die Bildungswärme des Bromides aus festem Brom $Q_{,}$, die um λ kleiner ist, besser stimmende Werte liefern muss, wie bei Bodländer

1) Die hier anschaulich gemachte Darlegung, dass die Phase mit grösserer innerer Energie aufwärts von einem Gleichgewichtszustand die kleinere, abwärts die grössere freie Energie besitzt, erlaubt die mannigfaltigsten physikalisch-chemischen Fälle (Dampfdrucke von Hydraten und ihre Existenzfähigkeit, Schmelzpunktsänderungen durch Druck u. ä.) nach dem gleichen Schema zu behandeln.

durch Zahlen belegt ist; denn es beruht ja die Berechnung der Löslichkeit auf der vorausgesetzten Gleichheit von A und Q.

Das Schema erlaubt schliesslich Anwendung auf die Löslichkeit der Sulfate und Hydroxyde, bei denen die Spaltstücke nicht selbständiger Fortexistenz fähig sind. Man könnte nämlich z. B. für letztere Ketten nach dem Schema



$M|MOH \quad M_{,}OH|M_{,}$

bauen, indem zwei Metalle M und $M_{,}$ mit ihren Hydroxyden kombiniert werden, und nun für $M_{,}$, $M_{,}OH$, $M_{,,}$, $M_{,,}OH$ u. s. w. einsetzen. Jedesmal werde eine Elektrolyse so geführt, dass $M_{,}$, $M_{,,}$ u. s. w. Niederschlagselektrode ist und die Zersetzungsspannung bestimmt. Diese sei Es, $Es_{,}$, $Es_{,,}$, $Es_{,,,}$ u. s. w. Dann wird, wenn C_M die gegebene C_{M° die Gleichgewichtskonzentration der betreffenden Ionen ist

$$Es = RT\left[ln \frac{C_{M^\circ}}{C_{M_{,}^\circ}} - ln \frac{C_M}{C_{M_{,}}}\right]$$

$$Es_{,} = RT\left[ln \frac{C_{M^\circ}}{C_{M_{,,}^\circ}} - ln \frac{C_M}{C_{M_{,,}}}\right]$$

$$Es - Es_{,} = RT\left[ln \frac{C_{M_{,,}^\circ}}{C_{M_{,}^\circ}} - ln \frac{C_{M''}}{C_{M'}}\right].$$

Nun ist $RT\,ln \frac{C_{M_{,,}^\circ}}{C_{M_{,}^\circ}}$, wie mehrfach erläutert, die Arbeitsleistung beim Übergang von der Gleichgewichtskonzentration zur Konzentrationseinheit, also gleich der E.M.K. einer Kette aus den Metallen $M_{,}$ und $M_{,,}$, wenn diese in Lösungen ihrer $^1/_1$-ionennormalen Salze kombiniert werden. Diese E.M.K. ist die Differenz der Zersetzungsspannungen beider Kationen, also $E_K - E_{K_{,}}$ und es wird

$$Es - Es_{,} = E_K - E_{K_{,}} - RT\,[ln\, C_{M''} - ln\, C_{M'}].$$

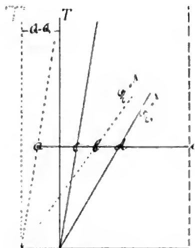
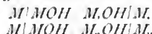


Fig. 13.

Gilt nun wieder, dass der Zerfall fester Körper in feste Bestandteile durch die Wärmetönung gegeben ist, so wird, wenn $C_{M'g}$ und $C_{M''g}$ die Sättigungskonzentrationen der beiden Metallhydroxyde bedeutet

$$\frac{Q - Q_{,}}{23110} = E_K - E_k - RT\,[ln\, C_{M''g} - ln\, C_{M'g}].$$

Dies ist in Fig. 13 anschaulich gemacht. Bei deren Konstruktion ist über die unveränderliche Vergleichanode der Zersetzungszellen



$M|MOH \quad M_{,}OH|M_{,}$
$M|MOH \quad M_{,,}OH|M_{,,}$

keinerlei Voraussetzung gemacht, wie auch bei dem erläuterten Versuche der Anodenvorgang keiner Untersuchung bedarf. Für die Kathodenseite ist hingegen angenommen, dass die Hydroxyde dort in gesättigter Lösung vorhanden sind und dass die Hypothese gilt: Abscheidung fester Substanz aus fester Substanz bezw. gesättigter Lösung ändert die freie Energie um den Betrag der Wärmetönung. Beide Ketten sind nun so gezeichnet, dass die Nulllinie der freien Energie dieselbe ist. Die Werte für das System mit $M_{,}$ sind punktiert, mit $M_{,,}$ ausgezogen. Die Wärmetönung von $M_{,} = Q$ ist willkürlich grösser gewählt. Die Entropielinien für die Konzentrationsgleichheit der am Gleichgewichte teilnehmenden Ionen sind für die Kette mit $M_{,}$ durch $\frac{ca}{c} = 1$, für die Kette mit $M_{,,}$ durch $\frac{ca}{c_{,}} = 1$ bezeichnet. Ihre Richtung ist willkürlich fingiert. Die Entropielinien für die wirklich realisierten Konzentrationsverhältnisse aber sind parallel eingezeichnet, so dass das Stück, welches sie aus der Isotherme von c ausschneiden, nämlich ac gleich dem Abstande ihrer Fusspunkte $Q - Q_{,}$ ist. In diesem Parallelismus kommt die Voraussetzung zum Ausdruck, dass nur der Einfluss des Anodenvorganges den Temperaturkoeffizienten bestimmt, während für den Kathodenvorgang die freie Energie und Wärmetönung übereinstimmen. Die Berechnung von $C_{M'g}$ aus der von Bodländer abweichend abgeleiteten Formel auf Grund der Kenntnis von $C_{M''g}$, E_K, $E_{K_{,}}$, Q, $Q_{,}$, giebt Zahlen, welche für die angenäherte Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen in vielen Fällen sprechen.

Man könnte schliesslich im Zusammenhange dieser Betrachtung folgern, dass die Ketten mit umkehrbaren Metallelektroden der Thomsonschen Regel annähernd gehorchen, wenn die Lösungen, mit denen sie arbeiten, gesättigt sind. Die von Bodländer erläuterten Komplikationen (Unterschied der Anhydrid- und Hydratlöslichkeit, unvollständige Dissociation) machen aber diesen Schluss nicht zu einem fruchtbaren.

(Eingegangen 12. Mai 1900.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Parma. (Direktor P. Cardani.)

No. 2: Pietro Moretto: Über einige aufs Hallsche Phänomen bezügliche Fragen und deren Lösung durch einen alkalimetrischen Prozess.

Die alkalimetrische Methode, die durch Prof. Cardani zum Messen der Intensität von Entladungsströmen von Kondensatoren empfohlen wird,[1]) ist auf elektrolytische Erscheinungen und auf chemische Vorgänge mit volumetrischer Analyse gegründet. In passender Weise abgeändert, kann dieselbe auch zum Messen der Intensität von äusserst schwachen kontinuierlichen Strömen dienen. Wir nehmen zwei cylindrische Gefässe *AB* und *CD* (Fig. 1) von 30 mm Durchmesser und etwa 10 cm Höhe; ihren Boden bilden zwei Messingreifen, die mit Siegellack ans Glas befestigt sind. An den Messingreifen des Gefässes *AB* ist im Inneren ein kleiner

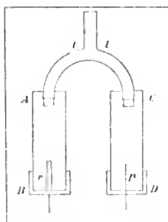


Fig. 1.

Cylinder aus Kupfer *r*, an den Messingreifen des Gefässes *CD* ein feiner Platindraht *p* angelötet. Das Gefäss *AB* wird mit einer gesättigten Lösung von Kupfersulfat, das Gefäss *CD* mit einer 10 % (Gewichtsprozent) Natriumsulfat und einigen Tropfen Phenolphthalein, welches als Indikator dient, gefüllt. Die Flüssigkeiten in beiden Gefässen sind durch eine gekrümmte Glasröhre *t* verbunden, die einen inneren Durchmesser von 8 mm hat; an den beiden eingetauchten Enden ist sie durch eine tierische Membran geschlossen. Diese gekrümmte Röhre ist mit derselben Natriumsulfatlösung gefüllt, welche durch eine Glasröhre, die bei *T* auf der höchsten Stelle der Krümmung angeschmolzen ist, eingefüllt wird. Lässt man durch diese Reihe von Leitern einen Strom gehen, der vom Kupfersulfat zum Natriumsulfat gerichtet ist, so entsteht an der negativen Platinelektrode eine Ablagerung von Natrium, welche mittels des anwesenden Wassers Natriumlauge unter Entwickelung von Wasserstoff bildet.

Indem das Penolphthalein auf die entstandene Natriumlauge reagiert, färbt sich die Lösung rot. Mit Hülfe der chemischen Prozesse der volumetrischen Analyse kann man durch diese Färbung im Cubikcentimeter die Menge von Natrium, die durch den Durchgang des Stromes abgelagert ist, bestimmen; wird diese Menge dividiert durch das elektrochemische Äquivalent des Natriums und durch die Zeit, die der Durchgang des Stromes dauert, so erhält man die mittlere Intensität des Stromes, der durch die Elektrolyten gegangen ist.

Mittels dieser Methode gedachte ich einige noch unsichere, aufs Hallsche Phänomen bezügliche Fragen zu lösen. Die experimentelle Anordnung, die ich anwendete, kann man schematisch aus Figur 2 ersehen. *A*, *B*, *B'* sind die drei Elektroden aus dem feinen Gold- oder Wismutblatt, das ich zum Versuche benutzte; *P* bedeutet eine Batterie von Akkumulatoren; bei *c*, *c'*, und *d*, *d'*, sind zwei mit dem oben beschriebenen identische Apparate in den Stromkreis eingeschaltet, welche zum Messen der Intensität der beiden abgezweigten Ströme dienen. Der Strom cirkuliert in der Richtung, welche die Pfeile angeben; das Blättchen ist zwischen den stumpf-kegelförmigen Polen eines Faradayschen Elektromagneten angebracht, der durch den städtischen Strom erregt, und dessen magnetische Feldstärke durch die Induktionsmethode in absoluten Einheiten gemessen wird.

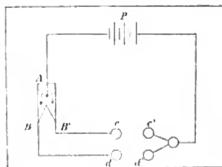


Fig. 2.

Alle im folgenden aufgeführten Resultate enthalten die Mittelwerte von nicht weniger als sechs Versuchen. Bei jedem Versuche wurden viererlei Messungen ausgeführt; besonders die Intensität der abgezweigten Ströme wurde gemessen: 1. während das magnetische Feld nicht in Aktion war; 2. während dasselbe in einem bestimmten Sinne wirkte; 3. während es im entgegengesetzten Sinne wirkte; 4. noch einmal, während das magnetische Feld unthätig war.

Durch die Hallsche Wirkung muss sich die Intensität der beiden Teilströme gemäss

1) Nuovo Cimento, Serie 4a, Vol. VII, S. 105, 1898.

der Richtung des Feldes verändern, und aus dem Unterschiede zwischen den mittleren Werten, die man beim 1. und 4., und denen, die man beim 2. und 3. Messen erhält, ergiebt sich die Intensität des Stromes, der beim Hallschen Phänomen durch die gesamte Veränderung des magnetischen Feldes erzeugt wird.

Durch den alkalimetrischen Prozess kann man in folgender Weise das Hallsche Phänomen berechnen.

Nennen wir q_1 und q_2 die Mengen in Cubikcentimeter von $^1/_{200}$ normaler kaustischer Natriumlauge, welche sich durch den Durchgang der beiden abgezweigten Ströme bildete; wenn A die Zeit bedeutet, während welcher der Strom cirkuliert, wenn 0,0002387 das elektrochemische Äquivalent des Natrium und 0,000115 g die Natriummenge ist, die in einem cm^3 der obengenannten Lösung enthalten ist, so erhalten wir nach dem oben Gesagten die Intensitäten i_1 und i_2 der beiden Ströme aus den Beziehungen:

$$i_1 = \frac{q_1 \cdot 0{,}000115}{0{,}0002387\, A},\quad i_2 = \frac{q_2 \cdot 0{,}000115}{0{,}0002387\, A}.$$

Bezeichnen wir nun durch $i_1 + \alpha_1$ und $i_2 + \alpha_2$ die Intensität der beiden Teilströme, wenn der Elektromagnet in einem bestimmten Sinne wirkt, durch $i_1 - \beta_1$ und $i_2 - \beta_2$ die Intensität der beiden Teilströme, wenn der Elektromagnet in einem dem ersten entgegengesetzten Sinne thätig ist, so ist es klar, dass die Intensität der Ströme, die dem Hallschen Phänomen zuzuschreiben ist, im ersten Fall durch $-(\alpha_1 + \alpha_2)$ und im zweiten Fall durch $+(\beta_1 + \beta_2)$ gegeben ist. Die Versuche zeigten mir, was auch andere Forscher mit verschiedenen Methoden gefunden haben, dass im allgemeinen $\alpha_1 + \alpha_2$ nicht dasselbe ist wie $\beta_1 + \beta_2$; betrachtet man aber die ganze Veränderung des Feldes aus einer Richtung in die entgegengesetzte, so wäre das Hallsche Phänomen durch

$$\mu = \frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_1 + \beta_2)$$

zu messen.

Nachdem die Dinge derart festgestellt waren, habe ich vor allem schon wohlbekannte Gesetze des Phänomens verificiert; als ich mich so überzeugt hatte, dass die alkalimetrische Methode bei diesen Forschungen die Genauigkeit und die Vorteile darbietet, die ich mir von ihr versprach, nahm ich mir vor allem vor, zu entscheiden, ob, wie Righi[1]) andeutet, die Hallsche Wirkung bei schwachen Strömen, statt der Intensität des Stromes, der durch das Blatt geht, proportional zu bleiben, vielleicht relativ grösser wäre. Ich stellte deshalb eine zahlreiche Reihe von Versuchen an, bei denen ich die Intensität des magnetischen Feldes konstant hielt (= 9600 Einheiten C. G. S.) und die Intensität des Stromes, der das Blatt passierte, wechselte. Das beim Versuche gebrauchte Goldblatt war nach Righischer Art hergestellt und 0,0000088 mm dick (nach der Gewichtsmethode bestimmt). In nachstehender zusammenfassender Tabelle sind die Ergebnisse meiner Versuche verzeichnet. Unter I ist die Intensität des Hauptstromes in Ampères verzeichnet; unter μ die Hallsche Wirkung, die nach obengenannter Art berechnet ist.

I Ampères	μ Ampères	$\frac{\mu}{I}$
0,2820	0,000960	34×10^{-4}
0,1149	0,000401	34×10^{-4}
0,0459	0,000161	35×10^{-4}
0,0164	0,0000642	39×10^{-4}
0,0129	0,0000509	40×10^{-4}
0,00445	0,0000186	42×10^{-4}
0,000645	0,00000289	44×10^{-4}
0,000616	0,00000273	45×10^{-4}
0,0000285	0,000000155	54×10^{-4}

Aus dieser Übersicht geht hervor, dass die Stärke des Hallschen Phänomens in merklicher Weise der Intensität I des Hauptstroms bis zu ungefähr 0,04 Ampères proportional bleibt, bei geringerer Intensität aber relativ grösser wird.

Um an zweiter Stelle festzustellen, dass das Hallsche Phänomen auch bei den Entladungsströmen eines Kondensators[1]) besteht, habe ich dieselbe Anordnung und dieselben Apparate benutzt, die Prof. Cardani in dem oben genannten Aufsatze beschreibt. Die angewandte Batterie besteht aus 10 Kondensatoren mit grosser Kapazität; in den Stromkreis ihrer Entladung wird ein Funkenmikrometer mit Mikrometerschraube und ein ungefähr 0,01 mm dickes Wismutblättchen eingeschaltet; letzteres befindet sich zwischen den Polen des Elektromagneten. Das Blättchen ist auf beiden Seiten durch Glasscheibchen geschützt. Bei diesen Versuchen waren die elektrolytischen Gefässe identisch mit denen, die Prof. Cardani benutzt hatte. Die Resultate einer Reihe von Versuchen folgen hier; da ich dabei von der Dauer der Entladungsströme des Kondensators keine Rechenschaft geben kann, so habe ich es vorgezogen, diese Werte in Coulomb statt in Ampères zu verzeichnen.

Intensität des Feldes = 7500 Einheiten C.G.S. Schlagweite = 3 mm — 1000 Entladungen. — $Q = 0{,}44323$ Coulomb, $\mu = 0{,}01325$ Coulomb. $\frac{\mu}{Q} = 0{,}0298$. Ich machte noch eine Reihe von Versuchen, bei denen ich entweder die Kapazität des Kondensators oder die Schlag-

1) Nuovo Cimento, Serie 3a, Vol. XV, S. 130; 1884.

1) Siehe Righi, wie oben S. 144 und Ettingshausen und Nernst, Philos. Magaz. Ser 5, XVII, S. 249; 1884.

weite veränderte; auch durch diese Versuche wurde die Existenz des Phänomens bestätigt und ich fand, dass in beiden Fällen die Beziehung $\frac{u}{Q}$ einen nur um ein weniges verschiedenen Wert hatte.

Schliesslich schien es mir interessant, den Hallschen Effekt, den man mit Entladungen erreicht, mit dem bei Dauerströmen erzielten zu vergleichen; zu diesem Vergleich war es unumgänglich nötig, diese Wirkung auch für Dauerströme in Coulomb statt in Ampères auszudrücken. Da nun die Entladungsströme der Kondensatoren während der sehr kurzen Zeit, in der sie zirkulieren, sehr stark sind, so ist es klar, dass der Vergleich nur mit Werten gemacht werden kann, die bei ausreichend starken Dauerströmen erreicht worden sind. Durch mehrere solcher Vergleiche gelang es mir, festzustellen, dass die Hallsche Wirkung, die mit Entladungen oder mit Dauerströmen hervorgebracht wird, merklich zu ein und derselben Grössenordnung gehört.

(Eingegangen 30. April 1900.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

Über die Flammenleitung im Magnetfelde.

Von Erich Marx.

Die Konvektionstheorien der metallischen Leitung, die in Analogie zur Elektrolyse von verschiedenen Seiten in den letzten Jahren aufgestellt sind, haben ihren wesentlichen Stützpunkt darin, dass die galvano- und elektromagnetischen Effekte sich anschaulich durch ponderomotorische Wirkungen auf wandernde, polare Teilchen erklären lassen. Zwingend ist eine solche Erklärung keineswegs, denn eine Einwirkung des Magnetismus auf das Fluidum an sich ist nirgends erwiesen. Maxwell leugnete direkt eine solche, und schrieb die Differentialgleichung, die er zur Darstellung des Halleffektes aufstellte, nämlich

$$u + hv = -\frac{\varkappa d\pi}{dx}$$

(wo u, v Stromkomponenten, π Potential, $\varkappa$ spec. Leitf., h eine Konstante, die der Stärke des Magnetfeldes proportional ist) so, dass er das vom Felde abhängige Glied wie hier auf die linke Seite schrieb, also nicht als Zusatzglied zur elektromotorischen Kraft auffasste, sondern als Modifikation des Leitvermögens.

Während also der zur Erklärung der Thatsachen nicht einmal notwendige Analogieschluss von der Elektrolyse zur metallischen Leitung in den elektro-magnetischen Effekten fusst, sind diese selbst bei Elektrolyten oder in solchen Fällen, in denen man Klarheit über den Vorgang der Leitung der Elektricität hat, zu wiederholten Malen vergebens einwandfrei zu erweisen versucht worden.

Boltzmann[1]) zeigte zwar in Vakuumröhren dem Transversal- und Longitudinal-Effekte analoge Erscheinungen. Hier aber kann das Analogon für das verschiedene Vorzeichen des Rotationskoeffizienten nicht erbracht werden; der Transversaleffekt in Vakuumröhren ist eben die durch die Ablenkung der Kathodenstrahlen an den Hall-Elektroden erzeugte Potentialdifferenz; bei dem Problem in Metallen ist das Vorzeichen des Effektes variabel, also erfordert ein Analogon zu den Metallen, dass der Effekt nicht von der absoluten Geschwindigkeit eines Teilchens, sondern der Relativgeschwindigkeit zweier entgegengesetzt polarer Teilchen abhängt.

Wesentlich günstiger als für wässrige Lösungen, und, soweit ich sehe, allein quantitativ verfolgbar, liegen die Bedingungen des Problems in Flammengasen. Die Elektricitätsleitung ist hier der bei Elekrolyten identisch, und besteht in Hydrolyse.[2]) Die Wanderungsgeschwindigkeiten beider Ionen sind stets wesentlich von einander verschieden,[3]) und man kann bei geeigneter Anordnung, trotz des schon bei geringen E. K. einsetzenden Sättigungsstromes, einen linearen Potentialfall im mittleren Teil zwischen zwei Elektroden erzielen, der hinreichend ist, beiden Ionen eine effektive Geschwindigkeit von solcher Grösse zu erteilen, dass die bei Erregung des Feldes entstehenden ponderomotorischen Kräfte an zwei sekundären Elektroden Potentialdifferenzen erzeugen, die bequem innerhalb der Grenzen des Messbaren liegen, was bei Elektrolyten nicht der Fall ist.

An dieser Stelle auf die specielle Anordnung einzugehen, ist nicht am Platze, die Schaltung ist aus der Fig. 1 ersichtlich, und erklärt sich einfach aus den auszuführenden Messungen und Kompensationen.

Die Primärelektroden befinden sich übereinander. Zur Erzielung eines beträchtlichen Potentialfalles ist notwendig, dass die Anode wesentlich kälter als die Kathode ist, und, wie sich zeigen lässt, dass der absolute Betrag des Potentials an den Elektroden verschieden ist. Dies folgt daraus, dass die Ionenproduktion in Flammen-

1) L. Boltzmann, Wied. Ann. 31, 1887.
2) S. Arrhenius, Wied. Ann. 42, 1891.
3) H. A. Wilson, Phil. Trans. London. Vol. 193, 1899.

gasen an den Elektroden erfolgt, und dass sowohl der Sättigungsstrom, als auch wesentlich verschiedene Wanderungsgeschwindigkeit der

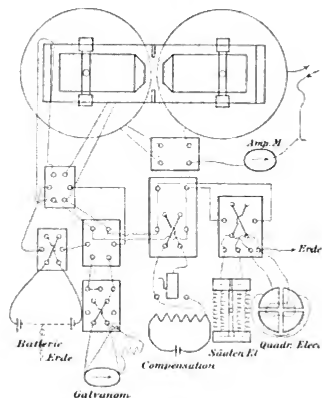


Fig. 1.

Ionen bei isothermen Primärelektroden den Potentialfall in der Mitte zwischen den Elektroden nahezu anullieren würden.[1]) Zum gleichen Ende, der Erzielung eines beträchtlichen Potentialfalles, muss die Potentialdifferenz der Elektroden so gross sein, dass wir genötigt sind, die Grenzen alleiniger „scheinbarer" Abweichungen vom Ohmschen Gesetze zu überschreiten.[2])

Um die Möglichkeit zu erhalten, die gewonnenen Konstanten zu definieren, ist demnach notwendig, dass wir durch besondere Bestimmung den Geschwindigkeitszuwachs ermitteln, der bei der verwandten Potentialdifferenz, gegenüber der Geschwindigkeit bei Giltigkeit der Grundannahme des Ohmschen Gesetzes, resultiert. Wie dies geschieht, haben wir früher gezeigt; eine andere Bestimmung erhalten wir durch den Halleffekt selbst, bei Anwendung geringer Primärpotentiale und verfeinerten Messinstrumenten.

Aus der aus physikalischen Gründen, wie oben auseinandergesetzt, notwendigen Temperaturverschiedenheit der Primärelektroden folgt, dass eine Vertauschung ihres Vorzeichens nicht zulässig ist. Stets bleibt bei quantitativer Messung die heissere Elektrode Kathode.

Nach diesen Gesichtspunkten, deren strenge Begründung in der cit. Abh. zu finden ist, wurde die Anordnung gewählt. Als Beispiel, wie weit die erzielten Resultate quantitativ sind, diene die Abhängigkeit des elektromagnetischen Rotationskoeffizienten von der Konzentration einer in die Flamme zerstäubten KCl-Lösung. ($\frac{\pi}{x}$ Primär Potentialf. $\frac{e}{z}$ sekund. Potentialf. H Feldstärke).

Konz. d. KCl-Lösg.	$R = \frac{\pi}{x} \frac{e}{z} : H$	R ber.
0 norm.	$-10.18 \cdot 10^{-6}$	$(-10.18 \cdot 10^{-6})$
0.032 „	—	− 8.48 „
0.125 „	− 8.24 „	—
(0.165) „	—	− 7.4 „
0.25 „	− 5.40 „	—
0.33 „	—	− 5.12 „
0.50 „	− 4.26 „	—
0.66 „	—	− 4.59 „
1.336 „	—	− 4.32 „
2 „	− 3.78	—
2.67 „	—	− 3.97 „
3.8 „	− 3.75	—
konz. Flamme norm.	—	− (3.7)

Die unter „R. ber." stehenden Zahlen sind aus den eingeklammerten unter der Annahme berechnet, dass der grosse Wert der Drehung in der reinen Flamme durch die Existenz eines dieser eigentümlichen, sehr langsam wandernden Ions verursacht ist. Dass das Verhältnis der Geschwindigkeiten beider Ionen in der reinen Flamme, gegenüber dem in der K-Flamme in diesem Sinne verschoben ist, zeigt Fig. 2, in

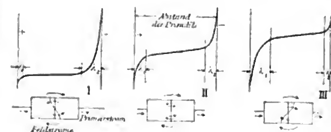


Fig. 2.

welcher das Potentialgefälle für beide Fälle aufgenommen ist. Die Änderung der Schichtdicken wahrer Elektricität an den Elektroden liefert den Beweis der Richtigkeit der Grundlage der Rechnung. Auf nähere Begründung kann hier nicht eingegangen werden, jedoch ist folgendes zu beachten.

Bei der Vergleichung der erhaltenen Resultate mit den theoretisch aus der Grösse der Wanderungsgeschwindigkeiten zu erwartenden, wie sie etwa aus H. A. Wilsons Arbeit, oder aus meinen Bestimmungen folgen, ist erstens die wahre Abweichung vom Ohmschen Gesetze,

1) E. Marx, Gottinger Nachr. Heft 1, 1900.
2) Unter „scheinbarer" Abweichung ist die durch den Sättigungsstrom verursachte verstanden.

zweitens die Giltigkeit des Arrheniusschen Quadratwurzelgesetzes für Flammenkonzentration und Leitfähigkeit zu berücksichtigen.

Die Giltigkeit des Arrheniusschen Gesetzes erweist direkt aus der Dissociations-Gleichgewichts-Gleichung einen äusserst geringen Dissociationsgrad. Eine sehr geringe Dissociation aber muss bewirken, dass der Rotationskoeffizient grösser wird, als er sich bei vollständiger Dissociation aus der Grösse der Geschwindigkeiten der Ionen ergiebt. Berücksichtigt man diese Umstände, so lässt sich zeigen, dass die Theorie durch die erhaltenen Zahlen quantitativ bestätigt ist.

Das Vorzeichen der Koeffizienten bestimmt sich nach Fig. 3 Diagramm I als negativ.

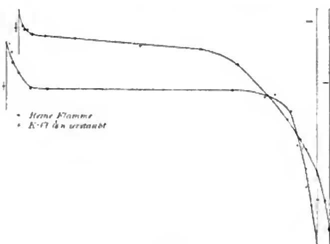


Fig. 3.

Diagramm II zeigt das Verschwinden, III die Umkehr des Effektes. II und III sind, wie der Potentialfall zeigt, durch Geschwindigkeitserhöhung der Anionen erhalten. Man ersieht aus den Diagrammen sofort die Änderung des Geschwindigkeitsverhältnisses beider Ionen. Diese Geschwindigkeitserhöhungen wurden erreicht, indem die Temperatur der Anode von gelbglühend, zu hell-rot bis schwachrot herunter ging. Hier bestätigen sich die nach der cit. Arbeit aus gas-kinetischen Vorstellungen ableitbaren Temperaturgrenzen für das Einsetzen einseitiger Geschwindigkeits-Erhöhungen. Wir bemerken übrigens, dass Diagramm II, das Verschwinden des Effektes, einen Schluss auf den Fall vollständiger Gleichheit beider Ionengeschwindigkeiten nicht zulässt.

Diagramm I zeigt den Typus des Effektes bei Wismut, II etwa den bei Blei, III den Typus des Tellur.

Die Strommessung im Felde ergiebt den Longitudinaleffekt.

Wir fragen nach dem Thermoeffekt. — Sind die Elektroden isotherm, so findet keine unipolare Leitung statt.[1]) Wenn eine Elektrode bei Erregung des Feldes gegenüber der andern abgekühlt würde, so müsste im Felde neben dem auftretenden Longitudinaleffekt ein thermo-magnetischer sich durch Auftreten von unipolarer Leitung erweisen. Demnach ergiebt sich, dass, wenn man die Abhängigkeit der unipolaren Leitung von der Temperaturdifferenz der Elektroden bestimmt, man hierin ein Mittel hätte, den Thermoeffekt entweder zu messen, oder eine Grenze, unter welcher er liegen würde, anzugeben. — Wir bemerken, dass diese Methode der Isothermenbestimmungen an Empfindlichkeit der mittelst Thermoelement zweifelsohne ausserordentlich überlegen sein dürfte.

In der Möglichkeit, über diese und andere mit dem Halleffekt zusammenhängende Probleme durch Messungen in einem Falle, in welchem der Vorgang der Elektricitätsleitung klar gestellt ist, Aufklärung zu erhalten, liegt ein besonderes Interesse. — Einige experimentelle Schwierigkeiten bereitet Hochspannung, Flamme und Magnetfeld neben sehr empfindlichen Messinstrumenten. Bei geeigneter Anordnung nach obigen Gesichtspunkten dürften jedoch, wie der Transversaleffekt, so auch die übrigen Effekte wenigstens teilweise quantitativ erhältlich sein.

Diese Messungen wurden von mir in Stockholm in Bezug auf den Transversal-Effekt zu einem gewissen Abschluss gebracht; ich bin zur Zeit mit ihrer Fortsetzung im hiesigen Institute beschäftigt.

1) E. Marx, l. c.

Leipzig, 12. Mai 1900.

(Eingegangen 15. Mai 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Theorie der Lichtwellen und ihr Einfluss auf die moderne Physik.[1]

Von A. Cornu.[2]

Unser Zeitalter zeichnet sich vor den früheren durch seine erstaunliche Beherrschung der Naturgewalten aus; der Mensch, an sich ein so schwaches, hülfloses Wesen, hat es durch sein Genie verstanden, sich ausserordentliche Macht anzueignen und seinem Dienste Kräfte, bald zart, bald ungestüm, unterthan zu machen, von deren Dasein seine Vorfahren nicht einmal eine Ahnung hatten.

Diese Steigerung der materiellen Macht des Menschen in unserer Zeit ist allein dem emsigen und gründlichen Studium der Naturerscheinungen zu verdanken, der genauen Erforschung ihrer Gesetze und dem zweckmässigen Zusammenschalten ihrer Wirkungen. — Ganz besonders lehrreich hierfür ist, das Missverhältnis zwischen der ursprünglich beobachteten Erscheinung und den grossartigen Wirkungen zu betrachten, welche die Technik daraus hat entspringen lassen: Jene gewaltigen Maschinen der Elektricität oder des Dampfes leiten ihren Ursprung nicht vom Blitz und nicht von den Vulkanen her; sie sind entstanden aus kaum bemerkbaren Erscheinungen, die dem Auge der Menge immer verborgen geblieben wären, wenn nicht scharfsinnige Beobachter sie zu erkennen und zu würdigen verstanden hätten. Dieser bescheidene Ursprung der meisten grossen Entdeckungen, mit denen die Menschheit beglückt wurde, zeigt deutlich, dass der wissenschaftliche Geist heutzutage der grosse Lebensrückhalt der Nationen ist, und dass das Geheimnis der wachsenden Macht der modernen Welt im Fortschritte der Wissenschaft zu suchen ist. Von diesem Gesichtspunkte aus haben die Fragen ein allgemeines Interesse: Bei welcher Gelegenheit hat sich der Geschmack an der Naturphilosophie, die den Philosophen des Altertums so teuer, dann während Jahrhunderten begraben war, wieder erneuert und entwickelt? Welches waren die Phasen ihrer Entwicklung? Wie entstanden die neuen Begriffe, die unsere Anschauungen von dem Wirken der Naturkräfte so von Grund aus änderten? Welches ist endlich der fruchtbringende Weg, der uns ganz unbemerkt zu so bewunderungswerten Verallgemeinerungen geführt hat, wie sie mit ihrem grossartigen Entwurfe von den Begründern der modernen Physik vorausgeahnt wurden? — Fragen solcher Art will ich mir gestellt denken und als Physiker zu beantworten suchen: ein etwas abstrakter, ich möchte sagen etwas ernster Gegenstand; aber kein anderer schien mir würdiger, Ihre Aufmerksamkeit heute zu fesseln, an dem Feste, welches die Universität Cambridge feiert, um das 50jährige Professorenjubiläum von Sir Gabriel Stokes zu begehen, eines Mannes, der auf seiner schönen Laufbahn mit seiner Meisterhand gerade solche Probleme bearbeitet hat, die für die Förderung der Naturphilosophie von grösstem Erfolge waren. Dieses Thema ist umsomehr hier am Platze, als sich unter den Namen der grössten Geister der Wissenschaft, die wir zu erwähnen haben, diejenigen befinden, welche die Universität Cambridge am meisten verehrt, ihre Professoren oder ihre Schüler; und die Erinnerung des Ruhmes, der sich durch die Jahrhunderte bis zu uns fortpflanzte, erhöht den Glanz dieses schönen Festes.

I.

Lassen Sie uns also durch einen raschen Rückblick auf die Wiedergeburt der Wissenschaft den geheimnisvollen aber mächtigen Einfluss zu erkennen suchen, welcher der treibende Geist der modernen Physik gewesen ist.

Ich bin zu dem Glauben geneigt, dass das Studium des Lichtes durch die Anziehung, die es auf die grössten Geister ausgeübt hat, eine der wirksamsten Ursachen für die Rückkehr der Ideen zur Naturphilosophie gewesen ist, und

1) „The Rede lekture", gehalten im senate house der Universität Cambridge bei der Jubiläumsfeier des Herrn G. Stokes, am 1. Juni 1899.

2) Veranlasst durch das Interesse, welches ein Augenblick der Rückschau auf die Fortschritte und den Einfluss der Optik beansprucht, stellt dieser Vortrag die Ergebnisse einer Vertiefung in Newtons Optik dar. Man wird sehen, dass die Gedanken des grossen Physikers ausserordentlich entstellt worden sind durch eine ausgedehnte Legendenbildung in den elementaren Lehrbüchern, in denen die Emissionstheorie behandelt worden ist. Um die Theorie der Anwandlungen klarer darzustellen, haben sich die Kommentatoren das Lichtmolekul mit materiellen Eigenschaften vorgestellt, unter der Form eines rotierenden Pfeiles, der sich abwechselnd durch seine Spitze oder durch sein Ende bethätigte. Diese Art der Darstellung hat zu der Meinung viel beigetragen, als sei die ganze Newtonsche Emissionstheorie in diesem etwas kindlichen Bilde umfasst. Das ist sie aber keineswegs. Nirgendwo in seinem Werke giebt Newton eine mechanische Veranschaulichung des Lichtmolekuls: er beschränkt sich vielmehr darauf, die Thatsachen zu beschreiben, und fasst sie dann in einem empirischen Satze zusammen, ohne hypothetische Auseinandersetzungen zu versuchen. Er verteidigt sich sogar gegen den Vorwurf, dass er keinerlei Theorie gebe, obgleich ihm die Annahme von Wellen, die im Äther erregt würden, sehr wahrscheinlich erscheine. Man kann also den allgemeinen Eindruck der Lektüre der „Optica" und insbesondere der im dritten Buche behandelten „Questiones" dahin zusammenfassen, dass Newton keineswegs der Gegner des Descartesschen Systemes war, als der er gewöhnlich gilt, sondern dass er den Grundsätzen dieses Systemes im Gegenteil sehr gewogen war: Hingerissen von den Hülfsmitteln, welche die Undulationstheorie für die Erklärung der Lichterscheinungen bot, würde er sie sich ohne Zweifel angeeignet haben, wenn der schwere, auf die geradlinige Ausbreitung des Lichtes bezügliche Einwand ihn nicht davon abgehalten hätte, der ja erst in unseren Tagen durch Fresnel beseitigt worden ist.

dass die Optik auf die Entwicklung der Wissenschaft einen Einfluss gehabt hat, den man nicht gross genug veranschlagen kann.

Dieser schon seit der Schöpfung der Experimentalphilosophie durch Galilei bemerkbare Einfluss ist in solchem Masse gewachsen, dass man heute eine ausserordentlich grosse Gruppe physikalischer Kräfte unterscheidet, auf welche die Prinzipien der Lichtwellentheorie Anwendung finden. Vielleicht wird dieser Einfluss verständlich, wenn man bedenkt, dass das Licht der Weg ist, auf dem unser Geist vorwiegend Kenntnis von der Aussenwelt erhält. — Es ist ja in der That der Gesichtssinn, durch den uns die umgebenden Dinge am raschesten und vollständigsten bemerkbar werden; unsere anderen Sinne, das Gehör, das Gefühl, tragen auch ihr Teil zur Belehrung bei, aber das Gesicht giebt uns eine Fülle von Merkmalen gleichzeitig, Form, Glanz, Farbe, wie sie keiner der anderen Sinne geben kann.

Es ist daher nicht merkwürdig, dass das Licht, als das Band, welches uns beständig mit der Aussenwelt in Fühlung hält, immer wieder durch alle die Hülfsmittel seiner feinen Konstitution geholfen hat, die Beobachtung der Naturerscheinungen zu verfeinern. Daher hat auch jede Entdeckung einer neuen Eigenschaft des Lichtes eine direkte Rückwirkung auf alle anderen Zweige des menschlichen Wissens gehabt; oft hat dieselbe sogar das Entstehen einer neuen Wissenschaft veranlasst, indem sie neue Forschungsmittel von ungeahntem Bereiche und unerwarteter Feinheit an die Hand gab.

Die Optik ist eine wahrhaft moderne Wissenschaft; die alten Philosophen haben noch keine Ahnung von der Vielgestaltigkeit dessen gehabt, was man gewöhnlich Licht nennt: sie warfen in demselben Worte das zusammen, was dem Menschen selbst eigentumlich ist, und das, was der Aussenwelt angehört. Sie hatten indessen eine der charakteristischsten Eigentümlichkeiten der Fäden entdeckt, die zwischen der Lichtquelle und dem Auge gespannt sind, welches den Lichteindruck empfängt: Das Licht bewegt sich in geraden Linien. Die alltägliche Erfahrung hatte ihnen diesen Grundsatz offenbart, indem sie die glänzenden Spuren beobachteten, welche die Sonne an dem Himmel zeichnet, wenn sie Nebelwolken durchbricht, oder in einem dunklen Raume, in den sie durch eine Öffnung hineindringt. Hieraus war zweierlei empirische Erkenntnis gewonnen worden: Die Definition der Lichtstrahlen und diejenige der geraden Linie; die erstere wurde die Grundlage der Optik, die andere die der Geometrie.

Es ist fast nichts von den Schriften der Alten über Optik erhalten geblieben; doch wissen wir, dass sie die Reflektion der Lichtstrahlen an glatten Flächen und die Erklärung des durch die Spiegelung hervorgebrachten Bildes kannten.

Man muss lange Jahrhunderte, bis zur Wiedergeburt der Wissenschaften, durchgehen, bis man einem neuen Fortschritt in der Optik begegnet; aber dieser ist ein beträchtlicher und kündet die neue Ära an: es ist die Erfindung des Fernrohrs.

Die neue Ära fängt mit Galilei, Boyle und Descartes an, den Gründern der experimentellen Philosophie; alle drei widmen ihr Leben der Forschung über die Natur des Lichtes, der Farben und der Kräfte. Galilei legt den Grund der Mechanik und, mit dem Fernrohr, denjenigen der physikalischen Astronomie; Boyle vervollkommnet die Experimentierkunst; und was Descartes betrifft, so umfasst er mit durchdringendem Blick die gesamte Naturphilosophie; er wirft alle die verborgenen Ursachen über den Haufen, die von den Scholastikern eingeführt waren; er stellt das Prinzip auf, dass alle Erscheinungen von den Gesetzen der Mechanik beherrscht werden. In seinem Weltsysteme[1]) spielt das Licht eine vorwiegende Rolle; es entsteht durch Wellenbewegung in der feinen Materie, die nach seiner Meinung den ganzen Weltenraum erfüllt. Diese feine Materie (die dasselbe bedeutet, was wir heute den Äther nennen) ist nach seiner Anschauung aus Partikeln gebildet, die in direkter Berührung mit einander sind; sie bildet zu gleicher Zeit den Träger der Kräfte zwischen den materiellen Körpern, welche in sie gleichsam eingetaucht sind. Man erkennt hierin die berühmten Wirbel des Descartes, die so viel bewundert, dann wieder in den letzten Jahrhunderten verhöhnt wurden, denen aber bedeutende zeitgenössische Mathematiker die Gerechtigkeit wiederfahren liessen, die ihnen gebührte.

Welche Meinung man aber auch von der Strenge der Deduktionen des grossen Philosophen haben mag, man muss über die Kühnheit erstaunt sein, mit welcher er Wechselbeziehungen zwischen den grossen kosmischen Vorgängen lehrt, und über den Scharfsinn, mit dem er Entwicklungen voraussagt, denen sich die jetzigen Generationen mehr und mehr nähern.

Für Descartes sind die Mechanismen der Licht- und der Schwerevorgänge untrennbar. Der Sitz der entsprechenden Erscheinungen ist seine feine Materie, die den Weltraum erfüllt, und ihre Ausbreitung muss durch Wellen erfolgen, die von gewissen Wirkungscentren ausgehen.

II.

Diese Auffassung der Natur des Lichtes stiess mit den herrschenden Ideen an einander;

1) Le Monde de M. Descartes ou le traité de la lumière, Paris 1664.

sie verursachte lebhafte Opposition. Seit dem Altertum war man gewöhnt, sich die Lichtstrahlen als die Bahnen gewisser, von den Lichtquellen aus fortgeschleuderter Teilchen vorzustellen, deren Stoss auf die Augennerven das Sehen hervorrief, ihr Zurückprallen und ihre Geschwindigkeitsänderung erklärte die Reflektion und die Strahlenbrechung.

Die Cartesianische Theorie hatte jedoch verführerische Gesichtspunkte, die ihr Verteidiger zuführten: Die auf der Oberfläche ruhiger Gewässer erregten Wellen bieten ein so klares Bild der Fortpflanzung einer Bewegung um einen Mittelpunkt der Erschütterung. Gelangen nicht andererseits wieder durch Wellen die Schalleindrücke in unser Ohr? Es ist für den Geist sicherlich ein befriedigendes Gefühl, zu denken, dass unsere beiden genauesten und feinsten Organe, das Auge und das Ohr, ihre Eindrücke durch einen gleichartigen Mechanismus empfangen. Indessen besteht ein wichtiger Unterschied. Der Ton bewegt sich nicht unbedingt in geraden Linien wie das Licht; er umgeht die Hindernisse, die man ihm entgegensetzt, und durchläuft die krummsten Wege fast ohne schwächer zu werden.

Die Physiker teilten sich demnach in zwei Lager: Die einen Anhänger der Ausströmungs-, die anderen Anhänger der Wellentheorie. Während jedes der zwei Systeme sich erhaben über das andere dünkte und es in der That in einigen Punkten auch war, versagte jedes wiederum, wenn man andere Erscheinungen heranzog, um zwischen ihnen zu entscheiden. — Mehrere glückliche Entdeckungen wurden gemacht, die zu Gunsten der Wellentheorie hätten entscheiden müssen, wie man es ein Jahrhundert später erkannte; aber die Wahrheit wird niemals ohne lange Arbeit klar erkannt.

Ein seltsames Kompromiss kam unter dem Schutze eines der berühmtesten Namen zwischen den zwei Systemen zu stande, und der Sieg wurde während eines Jahrhunderts der Ausströmungstheorie zugesprochen; hier die eigentümliche Geschichte davon:

Im Jahre 1661 trat ein junger Schüler voll Eifer und Scharfsinn in das Trinity College in Cambridge ein, Isaac Newton. Er hatte schon in seinem Heimatsorte die Optik von Kepler gelesen. Kaum eingetreten studiert er, indem er gleichzeitig die Vorlesungen über Optik von Barrow hört, mit Eifer die Geometrie von Descartes; er kauft sich von seinen Ersparnissen ein Prisma, um die Farben zu studieren, und in der Zwischenzeit denkt er schon andauernd über die Ursachen der Schwerkraft nach. Acht Jahre später finden ihn seine Lehrer würdig, der Nachfolger Barrows auf dem Lucasian-Lehrstuhl zu werden, und er lehrt nun seinerseits Optik. Der Schüler überragt bald den Lehrer und veröffentlicht eine Hauptentdeckung: Das weisse Licht, welches der Typus des reinen Lichtes zu sein schien, ist nicht homogen; es ist von Lichtstrahlen verschiedener Brechbarkeit gebildet. Und er demonstriert das durch das berühmte Experiment des Sonnenspektrums, bei dem ein weisser Lichtstrahl in eine Reihe von Strahlen zerlegt wird von den Farben des Regenbogens; jede dieser Farben ist einfach, denn das Prisma zerlegt sie nicht weiter. Das ist der Ursprung der Spektralanalyse. Diese Analyse des weissen Lichtes führte Newton dazu, die Färbung dünner Blättchen zu erklären, welche man besonders bei Seifenblasen beobachtet; der fundamentale Versuch mit den sogenannten Newtonschen Ringen ist einer der lehrreichsten der Optik, und die Gesetze, die daraus hervorgehen, sind von bewundernswerter Einfachheit. Er veröffentlichte die Theorie derselben in einer Abhandlung an die Royal Society unter dem Titel: Eine neue Hypothese, das Licht und die Farben betreffend. — Diese Abhandlung rief eine lebhafte Reklamation Hookes hervor. Hooke hatte früher auch die Färbungen dünner Blättchen beobachtet und versucht, sie durch die Wellentheorie zu erklären: er hatte das Verdienst gehabt (welches Newton selbst sogleich anerkannte), an Stelle der fortschreitenden Welle des Descartes eine stehende Welle zu setzen, ein neuer und sehr wichtiger Fortschritt; er hatte sogar die Rolle der zwei reflektierenden Oberflächen der dünnen Blättchen erkannt, ebenso die abwechselnde Wirkung der reflektierten Wellen. Hooke würde demnach der eigentliche Vorläufer der modernen Theorie gewesen sein, wenn er, wie Newton, die klare Wahrnehmung der einfachen Strahlen gehabt hätte, aber seine unsicheren Erörterungen, um die Färbung zu erklären, entziehen seiner Theorie jede anschauliche Bedeutung.

Newton war sehr erregt über diesen Prioritätsanspruch; er bekämpft die Argumente seines Gegners, indem er daran erinnert, dass die Theorie der Wellen unzulässig ist, weil sie keine Rechenschaft von der Existenz der Lichtstrahlen und der Schatten giebt. Er weist es zurück, überhaupt eine Theorie aufgestellt zu haben; er erklärt, dass er weder die Hypothese der Wellen, noch die der Ausströmung zulasse; er sei nur verpflichtet, um die Abhandlung abzukürzen und eine Anschauung zu geben, zu der einen oder anderen Hypothese Zuflucht zu nehmen, als wenn er sie zuliesse.

Und in der That, in der 12. „Propositio" im II. Buche seiner Optik,[1]) welche das enthält,

1) Prop. XII. — „Jeder Lichtstrahl kommt bei seinem Durchtritt durch eine brechende Fläche in einen gewissen Zustand der Durchdringlichkeit, der mit dem Vorrücken des Strahles in gleichen Intervallen wiederkehrt und bei jeder

was man seitdem die Theorie der „Anwandlungen" nennt, bleibt Newton durchaus auf dem Boden der Thatsachen. Er sagt einfach: „Die Erscheinung der dünnen Blättchen beweist, dass der Lichtstrahl abwechselnd in einer Anwandlung leichter Reflexion oder leichter Durchdringung ist." Er fügt indessen hinzu, wenn man eine Erklärung dieser Wechselverhältnisse wünsche, könne man sie den Schwingungen zuschreiben, die durch den Stoss der Lichtteilchen verursacht würden und als Wellen durch den Äther verbreitet würden.[1]) Kurz, trotz seines Wunsches, auf dem festen Boden der Thatsachen zu bleiben, konnte Newton nicht umhin, eine rationelle Erklärung zu versuchen; er hat zuviel die Schriften von Descartes gelesen, um nicht im Grunde wie Huyghens Anhänger des mechanischen Weltsystems zu sein und um nicht in seinem Innern zu wünschen, in den reinen Wellenbewegungen die Erklärung der schönen Erscheinungen zu finden, die er auf so einfache Gesetze zurückgeführt hatte.

Sein bewundernswertes Buch, die „Principia", trägt die Spuren seines tiefen Nachdenkens über die Ausbreitung der Wellen, denn man findet darin zum erstenmal den mathematischen Ausdruck ihrer Schnelligkeit, ebenso für die longitudinalen Schwingungen der kompressiblen Körper, wie für die transversalen Schwingungen flüssiger Oberflächen.

Aber es ist hauptsächlich das dritte Buch seiner Optik, welches am meisten seine Cartesianischen Neigungen und besonders seine Ratlosigkeit bezeugt. Seine berühmten „Questiones" sind eine so vollständige Aufzählung der Beweise für die Theorie der Lichtwellen, dass wir Thomas Young sie später als Beweis für die schliessliche Bekehrung Newtons zu der Wellentheorie anführen sehen. Newton hätte gewiss diesem heimlichen Hange nachgegeben, wenn die unbeugsame Logik seines Geistes es ihm erlaubt hätte; aber nachdem er alle Hülfsquellen aufgezählt hat, über die die Wellentheorie verfügt, um die innerste Natur des Lichtes zu erklären, hält er, bei den letzten Fragen angekommen, wie von plötzlichen Gewissensbissen ergriffen ein und verwirft sie total. Und das einzige Argument, welches er giebt, ist, dass er keine Möglichkeit sieht, sich nach ihr Rechenschaft von den geradlinigen Lichtstrahlen zu geben.[2])

Von diesem Standpunkte aus betrachtet ist das dritte Buch der Optik nicht mehr nur eine unparteiische Diskussion der entgegengesetzten Systeme; es erscheint vielmehr wie die Schilderung der Leiden eines mächtigen Genies,

Wiederkehr den Strahl befähigt, leicht die benachbarte brechende Fläche zu durchdringen, und andererseits zwischen den Zeiten der Wiederkehr leicht von ihr reflektiert zu werden."

(Sir Isaac Newton Optics or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light, London 1718, second edition, with additions, S. 253.)

1) l. c. S. 255.

2) Ich gebe hier einen Auszug aus den questiones, welcher die Hinneigung der Newtonschen Anschauungen zur Undulationstheorie und zu den Cartesianischen Ideen beweist:

„Questio XII. — Erregen die Lichtstrahlen nicht dadurch, dass sie auf den Boden des Auges aufschlagen, Schwingungen in der tunica retina? Diese Schwingungen verursachen die Lichtempfindung, indem sie längs der steifen optischen Nervenfasern in das Gehirn fortgepflanzt werden . . . ."

„Questio XIII. — Bilden nicht die verschiedenen Strahlenarten Schwingungen von verschiedener Grösse, die, je nach ihrer Grösse, die Empfindung der verschiedenen Farben erregen in derselben Weise, wie die Luftschwingungen je nach ihrer Grösse die Empfindung der verschiedenen Töne? Und sind es nicht insbesondere die brechbarsten Strahlen, welche die kürzesten Schwingungen erregen, um die Empfindung des äussersten Violett hervorzurufen, während die weniger brechbaren die grösseren erregen, um die Empfindung des äussersten Rot hervorzubringen etc. . . . ."

„Questio XVIII. — Wird nicht die Wärme eines erhitzten Raumes in dem Vakuum durch Schwingungen eines Mittels fortgepflanzt, welches weit feiner ist als die Luft, und welches in dem Vakuum bleibt, auch wenn man die Luft daraus entfernt hat?

Und ist dieses Mittel nicht dasselbe wie dasjenige, durch welches das Licht gebrochen und reflektiert wird, durch dessen Schwingungen das Licht den Körpern Wärme mitteilt und in die Anwandlungen leichter Zurückwerfung und leichter Durchdringung versetzt wird?

Und ist dieses Mittel nicht unendlich (exceedingly) viel seltener und feiner verteilt wie Luft, und unendlich elastischer und aktiver als diese? Erfüllt es nicht alle Körper? Und verbreitet es sich nicht (durch seine elastische Kraft) im ganzen Himmelsraume?"

Newton prüft dann die mögliche Rolle dieses Mediums (des Äthers) bei der Gravitation, sowie der Empfindung und Bewegung der lebenden Wesen (qu. XIX—XXIV.) Die unsymmetrischen Eigenschaften der beiden Strahlen des isländischen Doppelspats erregen in gleicher Weise seine Aufmerksamkeit (qu. XXV u. XXVI.)

Dann folgt dieser plötzliche Frontwechsel, eine Art von Gewissensbissen darüber, mit soviel Wohlgefallen die Hülfsmittel der Cartesianischen, auf die Raumausfüllung begründeten Theorie auseinandergesetzt zu haben; er giebt darum in gewisser Weise seine Ehrenrettung und fährt folgendermassen fort:

„Questio XXVII. — Sind nicht bisher alle Hypothesen in die Irre geraten, die man erdacht hat, um die Lichterscheinungen durch neue Modifikationen der Strahlen zu erklären?"

„Questio XXVIII. — Sind nicht alle Hypothesen fehlgeschlagen, in denen das Licht als ein Druck oder eine Bewegung in einem flüssigen Mittel aufgefasst wurde?

Wenn es (das Licht) nur in einem Drucke oder einer sich plötzlich oder allmählich verbreitenden Bewegung bestände, würde es sich in den Schatten hinein krummlinig fortpflanzen. Denn ein Druck oder eine Bewegung in einer Flüssigkeit kann sich hinter einem Hindernis, welches einen Teil der Bewegung aufhält, nicht in gerader Linie ausbreiten; es wird immer eine Umbiegung und Zerstreuung nach allen Seiten in dem ruhenden Medium hinter dem Hindernis auftreten müssen . . . . . . Denn eine Glocke oder eine Kanone hört man auch hinter einem Hügel, welcher den Anblick der tönenden Körper verdeckt, und die Töne pflanzen sich ebensogut in gekrümmten, wie in graden Röhren fort; während man das Licht niemals gekrümmte Bahnen verfolgen, noch auch in den Schatten einbiegen sieht."

Nach diesem Einwande sieht sich Newton gezwungen auf die corpusculare Theorie zurückzukommen;

„Questio XXIX. — Sind die Lichtstrahlen nicht kleine von den leuchtenden Substanzen ausgeschleuderte Teilchen? . . . ."

„Questio XXX. — Sind nicht die groben Körper und das Licht ineinander verwandelbar? . . . . Die Verwandlung von

gequält vom Zweifel, abwechselnd von den verführerischen Suggestionen der Phantasie hingerissen, und zurückgerufen von den zwingenden Forderungen der Logik. Wir wohnen einem Drama bei, dem ewigen Kampfe zwischen Liebe und Pflicht; und die Pflicht war die stärkere von beiden.

Dieses ist, wie ich glaube, die genaue Entstehungsgeschichte der Theorie der Anwandlungen, jenes sonderbaren Gemisches von zwei entgegengesetzten Systemen; sie ist viel bewundert worden wegen der Autorität des grossen Mathematikers, der den Ruhm hatte, die Gesamtheit der Himmelsbewegungen unter das einige Gesetz der allgemeinen Schwerkraft gebracht zu haben.

Heute hat man diese Theorie verlassen; sie ist verurteilt worden durch das Experimentum crucis von Arago, wie es von Fizeau und Foucault ausgeführt wurde; man muss indessen anerkennen, dass sie einen wirklichen Fortschritt gebracht hat durch die genauen und neuen Feststellungen, die sie einschliesst. Der Lichtstrahl war bis dahin nur als die Bahn eines in geradliniger Bewegung befindlichen Teilchens betrachtet worden: der Lichtstrahl, wie ihn Newton beschreibt, besitzt eine regelmässig periodische Struktur, und die Periode oder Dauer der Anwandlung kennzeichnet die Farbe des Strahles: das ist ein Hauptresultat. Es fehlt nichts wie eine passende Deutung, um den Lichtstrahl in eine schwingende Welle zu verwandeln; aber man muss bis dahin noch ein Jahrhundert warten, und zwar ist es Dr. Thomas Young, dem wir sie im Jahre 1801 verdanken.

Körpern in Licht und von Licht in materielle Körper ist dem Laufe der Natur sehr entsprechend, die sich in Umwandlungen sehr gefällt."

Die Logik zwingt ihn, die Hypothesen des leeren Raumes und der Atome zu verfolgen und bei diesem Gegenstande selbst die Autorität der alten Philosophen Griechenlands und Phöniciens anzurufen: man darf sich also nicht wundern, dass er seiner Ratlosigkeit in folgenden Worten Ausdruck giebt:

„Questio XXXI und Schluss. — Haben nicht die kleinsten Teilchen der Körper gewisse Fähigkeiten, Tugenden oder Kräfte, durch welche sie in die Ferne wirken, nicht nur auf die Lichtstrahlen, um sie zurückzuwerfen, zu brechen oder zu beugen, sondern auch auf einander, wodurch sie einen grossen Teil der Naturerscheinungen hervorrufen?"

Aber er merkt, dass er vielleicht ein wenig zu weit geht und dass er im Begriff ist, sich blosszustellen. Darum erscheinen seine heimlichen, in den ersten questiones versteckten Neigungen einen Augenblick wieder:

„Wie diese Anziehungen, Schwerkraft, Magnetismus, Elektricität zustande kommen mögen, dabei will ich hier nicht verweilen. Was ich Anziehung nenne, mag vielleicht durch Stösse oder andere mir unbekannte Hilfsmittel zu Wege kommen . . . ."

Man könnte noch viele interessante Bemerkungen anführen über den Seelenzustand des grossen Physikers, Mathematikers und Philosophen, der sich in diesen questiones so ursprünglich offenbart. Die vorstehenden kurzen Auszüge genügen aber, wie ich glaube, um den Schluss zu rechtfertigen, der in dieser meiner Studie gezogen wird: dass nämlich Newton über den Lichtmechanismus keineswegs die rückständigen Ideen hatte, die man ihm unterschiebt, wenn man ihn als den Begründer der Emissionstheorie hinstellt. In Wirklichkeit schwankt er zwischen den beiden entgegenstehenden Systemen, da er deren Unzulänglichkeit klar bemerkt; und in dieser Hin- und Hererwägung ist er bemüht, sich so wenig wie möglich von dem Boden sicher gestellter Thatsachen zu entfernen; das ist der Grund, warum er keine dogmatische Theorie aufstellt. Es wäre also ungerecht, Newton für das verantwortlich zu machen, was die Anhänger der Emissionstheorie alles mit seiner Autorität gedeckt haben.

III.

Thomas Young nahm die Untersuchung der dünnen Blättchen wieder auf und zeigte, dass sich alles mit äusserster Einfachheit erklärt, wenn man voraussetzt, dass der Lichtstrahl mit der Klangwelle analog ist, die durch einen musikalischen Klang hervorgebracht wird; dass sich die Schwingungen des Äthers, wenn sie den Gesetzen der kleinen Bewegungen unterworfen sind, zusammensetzen, d. h. dass sie „interferieren" müssen, nach dem Ausdruck, den er vorschlägt, um die wechselseitige Beeinflussung zu kennzeichnen.

Obgleich Young geschickt die Vorsicht gebrauchte, sich auf Newtons[1]) Autorität zu berufen, fand die Hypothese gar keinen Anklang; sein Prinzip der Interferenz führte zu der merkwürdigen Konsequenz, dass Licht zu Licht gefügt in gewissen Fällen Dunkelheit hervorbringen könne, ein paradoxes Resultat, das durch die tägliche Erfahrung scheinbar widerlegt wird. Die einzige Bestätigung, die Young beibrachte, war die Existenz der dunklen Ringe bei dem Newtonschen Versuch, eine Dunkelheit, die nach ihm von der Interferenz der auf beiden Seiten der Platte reflektierten Wellen herrührt; aber da die Newtonsche Theorie die Thatsache anders erklärte, blieb der Beweis zweifelhaft; es bedurfte eines experimentum crucis und Young gelang es nicht ein solches zu finden. — Die Wellentheorie versank daher noch einmal in die Dunkelheit der Widersprüche, und das schreckliche Argument der geradlinigen Fortpflanzung richtete sich von neuem gegen sie. Die geschicktesten Mathematiker der Zeit, Laplace, Biot, Poisson hatten sich natürlich der Newtonschen Meinung angeschlossen: besonders Laplace, der berühmte Verfasser der Mécanique céleste, war sogar zur Offensive übergegangen; er hatte die Wellentheorie angegriffen bis in ihre festesten Verschanzungen hinein diejenigen, die der berühmte Huyghens aufgerichtet hatte.

Huyghens hatte in der That in seinem Traité de la lumière ein Problem gelöst, vor dem die Emissionstheorie stumm geblieben war, nämlich die Erklärung der Doppelbrechung des isländischen Doppelspats; seine Wellentheorie führte

1) The Bakerian Lekture on the Theorie of Light and Colours, by Thomas Young. Philos. Transactions of Roy. Soc. London, 1802, S. 12.

zu einer der einfachsten geometrischen Konstruktionen des Ganges der zwei Strahlen, des ordentlichen und ausserordentlichen und die Erfahrung bestätigte in allen Punkten diese Resultate. Es gelang Laplace nun andrerseits mit Hilfe von gewissen Hypothesen über die Konstitution der leuchtenden Atome, den Gang dieser fremdartigen Strahlen zu erklären. Der Sieg der Atomtheorie schien somit vollständig; eine neue Erscheinung wurde gerade rechtzeitig entdeckt, um ihn zu einem glänzenden zu machen.

Malus fand, das ein natürlicher, unter einem bestimmten Winkel reflektierter Lichtstrahl unsymmetrische Eigenschaften annimmt, ähnlich denen der Lichtstrahlen beim isländischen Doppelspat; er erklärt diese Erscheinung durch eine Orientierung des leuchtenden Moleküls und nannte infolgedessen dieses Licht „polarisiert"; das war ein neuer Erfolg für die Emissionstheorie.

Der Triumph war nicht von langer Dauer: im Jahre 1816 vertraute ein junger, kaum aus der polytechnischen Schule ausgetretener Ingenieur, Augustin Fresnel, Arago seine Zweifel über die herrschende Theorie an und kündigte ihm seine Versuche an, die sie umstossen sollten. Sich auf Huyghens Ideen stützend, hatte er die zweifelhafte Frage der Strahlen und Schatten aufgegriffen und sie gelöst; alle Beugungserscheinungen waren auf ein analytisches Problem zurückgeführt und die Beobachtung bewahrheitete in erstaunlicher Weise die Rechnung. Er hatte ohne sie zu kennen die Überlegung Youngs wieder gefunden, ebenso das Prinzip der Interferenz; aber glücklicher wie jener, brachte er das experimentum crucis, den Versuch mit den beiden Spiegeln; hier bringen zwei von derselben Quelle ausgehende Strahlen, frei von jeder Störung, durch ihr Zusammentreffen bald Licht bald Dunkelheit hervor. Der berühmte Young war der erste, der dem Erfolg seines jungen Nebenbuhlers Beifall spendete, und ihm ein Wohlwollen bezeugte, welches sich niemals verleugnete.

So wurde denn Dank dem Experimente mit den zwei Spiegeln die Theorie Youngs, d. h. die vollständige Analogie der Lichtstrahlen und der tönenden Wellen sicher festgestellt.

Ausserdem zeigt die Beugungstheorie von Fresnel auch die Ursache ihrer Verschiedenheit: Das Licht verbreitet sich in geraden Linien, weil die Lichtwellen ausserordentlich klein sind, der Ton breitet sich dagegen aus, weil die Länge der Wellen verhältnismässig sehr gross ist.

So wurde der schreckliche Einwand vernichtet, der den Geist des grossen Newton so sehr gequält hatte.

Aber es blieb noch eine andere wesentliche Verschiedenheit zwischen der leuchtenden und der tönenden Welle zu erklären übrig: diese wird nicht polarisiert. Wie kommt es, dass es die leuchtende Welle wird?

Die Antwort auf diese Frage schien so schwer, dass Young erklärte, auf ihr Suchen zu verzichten. Fresnel arbeitete mehr wie fünf Jahre an ihrer Entdeckung; diese war eben so einfach wie überraschend: die tönende Welle kann nicht polarisiert werden, da ihre Schwingungen longitudinal sind. Das Licht aber wird polarisiert, weil seine Schwingungen transversal, d. h. senkrecht zu den Lichtstrahlen sind.

Von nun an ist die Natur des Lichtes vollkommen aufgehellt; alle Erscheinungen, die als absolute Einwände dagestanden haben, erklären sich mit erstaunlicher Leichtigkeit, bis in ihre kleinsten Einzelheiten.

Ich wollte, ich könnte Ihnen zeigen, durch welch wunderbare Reihe von Experimenten und Schlussfolgerungen Fresnel zu dieser Entdeckung gelangt ist, einer der wichtigsten der modernen Wissenschaft; aber die Zeit drängt. Ich musste mich begnügen, Ihnen zu zeigen, wie gross die Schwierigkeiten waren, die man bis dahin überwinden musste und eile, die Folgerungen daraus durchzugehen.

IV.

Sie haben im Anfang die rein physiologischen Gründe kennen gelernt, die das Studium des Lichtes notwendig zu einem Informationscentrum des menschlichen Geistes machen. Sie können jetzt aus dem Umschwung dieser langen Entwicklung der optischen Theorien sehen, wie sehr dieselben stets mächtige Geister, die sich für die Naturkräfte interessieren, zur Vertiefung anlocken mussten. In der That jede Erscheinung die sich unter unsern Augen vollzieht, enthält eine Übertragung von Kraft oder Bewegung in die Ferne; sei nun die Entfernung unendlich gross, wie im Himmelsraume oder unendlich klein, wie bei den Zwischenräumen zwischen den Molekülen, das Geheimnis bleibt dasselbe. Also das Licht ist der Träger, der uns die Bewegungen der leuchtenden Körper zuführt: den Mechanismus dieser Übertragung zu vertiefen, heisst daher denjenigen von allen andern vertiefen, und Descartes hatte die bewundernswerte Eingebung davon gehabt, als er diese Fragen unter einem einzigen mechanischen Bilde vereinigte: dies ist das heimliche Band, welches die Physiker und Mathematiker zu allen Zeiten zum Studium des Lichtes hinzog.

Von diesem Standpunkte aus betrachtet, erhält die Geschichte der Optik eine grosse philosophische Tragweite; sie wird die Geschichte unserer fortschreitenden Erkenntnis über die Mittel, welche die Natur anwendet, um die Bewegung und die Kraft auf die Entfernung zu übertragen.

Die erste Idee, die dem menschlichen Geiste seit seinem Urzustande kam, um seine Kraft ausserhalb seines Bereiches geltend zu machen, ist der Wurf eines Steines, eines Pfeiles oder sonst eines Geschosses; das ist der Keim der Emissionstheorie. Diese Theorie entspricht dem philosophischen System, welches einen leeren Raum vermutet, wo das Geschoss sich frei bewegt.

Auf einer höheren Stufe hat der Mensch, zum Physiker geworden, eine viel feinere Vorstellung der Bewegungsübertragung durch Wellen, die sich ihm zuerst bei dem Studium der Wogen, dann des Schalles aufdrängte. Diese zweite Anschauung vermutet das Gegenteil, nämlich dass der Raum gefüllt ist; hier giebt es nun keine Übertragung von Materie mehr; die Teilchen schwingen im Sinne der Fortpflanzung, Bewegung und Kraft werden durch Kompression und Dilatation eines stetigen elastischen Mittels übertragen. Das war der Ursprung der Theorie der Lichtwellen; unter dieser Form konnte sie uns nur einen Teil der Erscheinungen darstellen, wie wir vorher gesehen haben; sie war daher ungenügend. Aber die Mathematiker und Physiker vor Fresnel kannten keinen anderen Wellenmechanismus in einem stetigen Medium.

Die grosse Entdeckung Fresnels bestand darin, eine dritte Art der Übertragung zu finden, die ebenso natürlich wie die vorangegangenen war, die aber einen unvergleichlichen Reichtum von Hülfsmitteln darbietet. Es sind die transversalen Wellen, die in einem stetigen inkompressiblen Mittel hervorgerufen, Rechenschaft von allen Eigenschaften des Lichtes geben. Bei dieser Wellenform erweckt die Verrückung der Teilchen eine Elastizität von besonderer Art; es ist das gegenseitige Gleiten der zur Fortpflanzungsrichtung konzentrischen Schichten, welches die Bewegung und Energie übermittelt. Charakteristisch für diese Wellen ist, dass sie keinerlei Dichtigkeitsänderung in dem Medium hervorbringen, wie beim Descartesschen System.

Der oben angekündigte Reichtum von Hilfsquellen rührt daher, dass die Form der Transversalschwingungen unbestimmt bleibt, was den Wellen eine schier unendliche Mannigfaltigkeit verschiedener Eigenschaften verleiht.

Die gradlinigen, zirkulären, elliptischen Formen kennzeichnen genau diese so unerwarteten Polarisationen, welche Fresnel entdeckt hat, und mit Hülfe deren er so bewundernswürdig die schönen Erscheinungen Aragos an Krystallplättchen erklärt hat.

Die Möglichkeit der Existenz von Wellen, die sich ohne Dichtigkeitsänderung verbreiten, hat die mathematische Elasticitätstheorie von Grund aus umgestaltet. Die Mathematiker fanden in ihren Gleichungen diese transversal schwingenden Wellen wieder, welche ihnen bisher unbekannt geblieben waren; sie lernten ausserdem von Fresnel die allgemeinste Konstitution von elastischen Mitteln kennen, an die sie noch nicht gedacht hatten.

In seiner berühmten Abhandlung über die Doppelbrechung stellt der grosse Physiker die Idee auf, dass in den Krystallen die Elasticität des Äthers mit der Richtung veränderlich sein muss, eine unerwartete Annahme von ausserordentlicher Tragweite, welche die festesten Grundlagen der Molekular-Mechanik umkehren musste; die Arbeiten von Cauchy und Green sind schlagende Beweise dafür.

Von diesem Prinzipe aus leitete Fresnel die allgemeinste Gestalt der Wellenoberfläche des Lichtes in Krystallen ab und fand (als besonderen Fall) die Kugel und das Ellipsoïd, welche Huyghens dem isländischen Doppelspat beigelegt hatte.

Diese neue Entdeckung erregte allgemeines Erstaunen bei den Physikern und Mathematikern; als Arago sie vor der Akademie der Wissenschaften auseinandersetzte, erklärte sich Laplace, der so lange feindlich gesinnt war, besiegt. Zwei Jahre später wurde Fresnel, nachdem er schon mit Einstimmigkeit zum Mitglied der französischen Akademie gewählt war, mit derselben Einstimmigkeit zum auswärtigen Mitglied der Royal Society in London gewählt; es war Young selbst, der ihm die Nachricht von dieser Auszeichnung brachte, mit der persönlichen Huldigung seiner aufrichtigsten Bewunderung.

V.

Die endgiltige Anerkennung der Wellentheorie erfordert die Notwendigkeit, die Existenz eines elastischen Mediums anzunehmen, welches die Lichtbewegung übermittelt. Indessen, setzt nicht jede Fernwirkung einer Bewegung oder Kraft dieselbe Bedingung voraus? Faraday hat sich das ehrenvolle Verdienst erworben, als echter Schüler von Descartes und Leibniz, dieses Prinzip aufgestellt und die scheinbare Fernwirkung elektrischer und magnetischer Systeme mit Bestimmtheit auf die Wirkung des zwischenliegenden Mediums zurückgeführt zu haben. Faraday wurde für seinen kühnen Gedanken durch die Entdeckung der Induktion belohnt. Und da die Induktion selbst durch einen von wägbarer Materie freien Raum hindurch stattfindet, ist man gezwungen anzunehmen, dass das wirksame Medium eben dasjenige ist, welches auch die Lichtwellen fortpflanzt, nämlich der Äther.

Die Fortpflanzung einer Bewegung durch ein elastisches Mittel kann keine augenblickliche sein; wenn es in der That der lichttragende Äther ist, der auch die Induktion

überträgt, dann muss sich auch diese mit der Schnelligkeit der Lichtwellen ausbreiten.

Die Bestätigung war schwierig; von Helmholtz, welcher diese Schnelligkeit direkt zu messen suchte, fand, wie einst Galilei, für die Schnelligkeit des Lichtes einen praktisch unbegrenzten Wert.

Aber die Aufmerksamkeit der Physiker wurde durch eine eigentümliche zahlenmässige Übereinstimmung angezogen: Das Verhältnis der elektrostatischen zur elektromagnetischen Einheit der Elektricitätsmenge ist durch eine Zahl dargestellt, die genau der Geschwindigkeit des Lichtes gleich kommt.

Der berühmte Clerk Maxwell zögerte nicht, den Ideen Faradays folgend, in diesem Verhältnis ein indirektes Mass der Induktionsgeschwindigkeit zu erkennen, und durch eine Reihe bemerkenswerter Intuitionen gelangte er dazu, jene berühmte elektromagnetische Lichttheorie aufzustellen, welche unter demselben Mechanismus drei Erscheinungen zusammenfasst, die in ihrer Wahrnehmbarkeit vollständig getrennt sind: Licht, Elektricität und Magnetismus.

Aber abstrakte Theorien der Naturerscheinungen bedeuten nichts, ohne die Bestätigung des Experimentes. Die Theorie von Maxwell wurde dieser Probe unterworfen und der Erfolg überstieg alle Erwartungen.

Die Resultate sind zu frisch im Gedächtnisse und zu bekannt, als dass hier dabei zu verweilen notwendig wäre.

Einem jungen deutschen Physiker, Heinrich Hertz, von früh auf begeistert für die Wissenschaft, gelang es, indem er von Helmholtz und Lord Kelvin die schöne Analyse der oscillierenden Entladungen entnahm, elektrische und elektromagnetische Wellen so vollendet zu erzeugen, dass diese Wellen alle Eigenschaften der Lichtwellen besassen; der einzige Unterschied bestand darin, dass ihre Schwingungszahl geringer war, wie die des Lichtes.

Es folgt daraus, dass man mit elektrischen Entladungen die feinsten Experimente der modernen Optik hervorbringen kann: Reflexion, Brechung, Beugung, gradlinige, zirkuläre und elliptische Polarisation.

Aber ich halte mich auf, meine Herren; ich fühle, dass ich eine zu schwere Aufgabe auf mich genommen habe, indem ich versuchte, Ihnen all die Reichtümer aufzuzählen, welche die Wellen mit transversalen Schwingungen heute in unseren Händen vereinigt haben.

Ich habe im Anfang gesagt, dass mir die Optik als die führende Wissenschaft der modernen Physik erscheine.

Wenn irgend welcher Zweifel sich darob in Ihrem Geiste erhob, so hoffe ich, dass dieser Eindruck sich verwischt hat, um einem neuen Gefühl der Überraschung und Bewunderung Platz zu machen, nachdem Sie gesehen haben, was alles das Studium des Lichts an neuen Ideen über den Mechanismus der Naturkräfte zu Tage gefördert hat.

Es hat unvermerkt zu der Cartesianischen Auffassung zurückgeführt, dass ein einziges Medium den Weltraum erfüllt und der Sitz der elektrischen, magnetischen und Lichterscheinungen ist; es lässt durchblicken, dass dieses Medium der Verwalter der in der materiellen Welt verbreiteten Energie ist, der notwendige Träger der Kräfte, ja selbst der Ursprung der allgemeinen Schwerkraft.

Dieses ganze Werk hat die Optik vollbracht; es ist vielleicht das grösste dieses Jahrhunderts!

Das Studium der Eigenschaften der Wellen, von allen Gesichtspunkten aus zu betrachten, ist wohl heutigen Tages ein wirklich fruchtbarer Weg.

Es ist derjenige, den in seiner doppelten Laufbahn als Mathematiker und Physiker Sir George Stokes gegangen ist, dem wir hier eine so ergreifende und wohl verdiente Huldigung darbringen. Alle seine schönen Arbeiten, ebensowohl die hydrodynamischen, wie die theoretischen oder experimentellen der Optik beziehen sich gerade auf die Verwandlungen, welche die verschiedenen Medien auf die Wellen ausüben, die sie durchsetzen. In den vielfältigen Erscheinungen, welche er entdeckt oder analysiert hat, Bewegungen der Flüssigkeiten, Beugung, Interferenz, Fluorescenz, Röntgenstrahlen, in allen ist dieselbe führende Idee erkennbar, welche ich Ihnen bedeutet habe, und sie macht die harmonische Einheit des wissenschaftlichen Lebens von Sir George Stokes aus.

Fürwahr! Die Universität Cambridge mag stolz sein auf ihren Lucasian Lehrstuhl der mathematischen Physik: denn seit Sir Isaac Newton bis zu Sir George Stokes trägt er einen ruhmvollen Anteil zu dem Fortschritt in der Naturphilosophie bei!

(Aus dem Französischen übersetzt von Hermann Th. Simon.)

(Eingegangen 23. Nov. 1899.)

Personalien.

Der nach Leipzig berufene Direktor des physikalischen Institutes an der Wiener Universität, Hofrat Boltzmann ist aus Gesundheitsrücksichten auf die Dauer des laufenden Semesters beurlaubt worden.

Die Privatdozenten Dr. Loeb und Dr. Binz an der Universität Bonn sind als freiwillige Assistenten des chemischen Instituts für physikalische Chemie und für technische Chemie angenommen worden. An demselben Institut wurde der bisherige Hilfsassistent Max Peschkes zum vierten Unterrichtsassistenten für analytische Chemie ernannt.

Honorardozent an der deutschen technischen Hochschule in Prag, Ludwig Storch, wurde zum ausserordentlichen Professor der physikalischen Chemie dort ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 36. 9. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine photometrische Untersuchung über in Luft verbrannte Gemische von Wasserstoff und Acetylen.

Von Leon W. Hartman.

Diese Untersuchung war zunächst dem photometrischen und spectrophotometrischen Studium der Flamme gewidmet, die entsteht, wenn man Gemische von Acetylen und Wasserstoff (in verschiedenem Verhältnis) in Luft verbrennt.

Das Acetylen wurde durch Einwerfen des Carbids in Wasser erzeugt und das sich entwickelnde Gas über Wasser, welches mit Acetylen gesättigt war, aufgefangen; desgleichen die Gemische von Wasserstoff und Acetylen. Die Art der Auffangung und Aufbewahrung der Gase und ihrer Gemische spielte jedoch, wie Analysen ergaben, keine wichtige Rolle. Die Bestimmung des Prozentgehaltes an Acetylen in einem gegebenen Gemisch von C_2H_2 und H geschah dadurch, dass man das Gasgemisch durch eine ammoniakalische Kuprochloridlösung[1]) streichen liess, die wohl das Acetylen, jedoch nicht den Wasserstoff absorbierte.

Es wurden im allgemeinen mehrere Analysen eines jeden Gemisches gemacht, und aus diesen ein Mittelwert für die prozentige Zusammensetzung gewonnen.

Das frisch dargestellte Acetylen war hauptsächlich durch AsH_3, PH_3 und H_2S verunreinigt. Um das Acetylen von diesen Verunreinigungen zu befreien, liess man es zunächst durch eine Lösung von Kaliumhydroxyd streichen, welche den H_2S zurückhielt; dann liess man das Gas zwei Wolffsche Flaschen passieren, welche beide eine schwach mit HCl angesäuerte Quecksilberchloridlösung enthielten. Letztere hielt das AsH_3 und PH_3 zurück.[2])

Es wurden durchwegs zwei Arten von Brennern benutzt. Die Brenner der ersten Art wurden erhalten, indem man in einen Messingstab ein enges Loch bohrte. Dieses durchbohrte Messingstück ersetzt also den Specksteinteil der gewöhnlichen Gasbrenner. Die Brenner der zweiten Art bildeten Nephey-Brenner, die in drei Formen, einem einfach, einem doppelt und einem dreifach zugespitzten Brenner angewandt wurden. Die hauptsächlichste Eigenschaft dieses Brenners ist, dass sein Specksteinteil so konstruiert ist, dass eine vollständige Verbrennung des zur Berührung mit Luft gelangten Acetylen erreicht wird. Die Brenner der ersten Art (Messing) und die einfachen Nephey-Brenner gaben eine längliche, cylindrische Flamme, die ähnlich der Bunsenflamme, in einer Spitze endigte. In den doppelten und dreifachen Brennern waren die Öffnungen so angeordnet, dass dieselben eine fächerförmige Flamme bildeten, deren Ebene im rechten Winkel mit der die drei Öffnungen enthaltenden Ebene lag. Der Nephey-Brenner wurde angewandt, wenn das Gemisch reich an Acetylen war.

Beim Spectrophotometrieren wurde vor allem die Hefner-Lampe als Bezugseinheit benutzt, jedoch erwies sich auch der dreifache Nephey-Brenner als dazu geeignet und wurde auch als solche unter einem bestimmten Drucke benutzt. Es wurde nämlich bemerkt, dass innerhalb eines beträchtlichen Druckgebietes sich der centrale Teil seiner Flamme ganz gleichmässig verhielt. Man benutzte ihn unter Anwendung eines geeigneten Diaphragmas. Die photometrischen Messungen wurden mit Hülfe einer geaichten Glühlampe angestellt.

Um den Gasdruck konstant zu halten, wurde in den zum Brenner führenden Schlauch ein Gasometer eingeschaltet, das aus einem 1 Liter fassenden Blechgefäss bestand, bei dem auf beiden Seiten eine kleine Metallröhre aufgelötet war. Bei der Mündung nahe dem Brenner befand sich noch ein geeignetes Diaphragma, womit sich der Gaszufluss regeln liess, und demzufolge man eine gleichförmige Kerzenstärke er-

1) Nach Sandmeyer, Chem. Berichte XVII, 1633 b dargestellt.
2) Berge und Reycher, Bull. de la Soc. chim. de Paris XVIII, 218, 1897.

halten konnte. Der Gasdruck selbst konnte mittelst Quetschhähnen reguliert werden und wurde zudem öfters durch Beobachtung des Druckes, den er auf eine in einem kalibrierten U-Rohr befindliche Wassersäule ausübte, gemessen. Unter diesen Bedingungen konnte der Gasdruck je nach Belieben verändert oder konstant gehalten werden. Zum Photometrieren wurde eine optische Bank benutzt, die eine mit tausend Teilstrichen versehene Teilung hatte. Auf der einen Seite dieser Bank befand sich die Einheitslampe (eine geaichte 16 Kerzen-Glühlampe). Es wurden zweierlei Photometer benutzt; ein Lummer-Brodhunsches und ein Bunsensches. Waren die beiden Lichtquellen gleichfarbig oder von schwacher Leuchtkraft, so erwies sich das Lummer-Brodhunsche Photometer als das geeignetere; bei grossen Intensitäten oder bei einiger Verschiedenheit in der Farbe war der Bunsensche Apparat vorzuziehen.

Die spectrophotometrischen Messungen wurden mit dem von Nichols beschriebenen[1]) Spectrophotometer angestellt. Um durch Fehler des Instrumentes hervorgerufene Irrtümer nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden die beiden zu vergleichenden Lichtquellen häufig gegen einander vertauscht. Im Verlauf des Studiums der Änderung der Kerzenstärke mit dem Gasdruck ergab sich, dass es unter geeigneten (ähnlich den bei meinen Versuchen stattgehabten) Bedingungen möglich wäre, verbrennendes reines Acetylen als Einheitslichtquelle zu verwenden.

Wenn J_s die Intensität der Einheits-Glühlampe, J_x die zu bestimmende Intensität, W_s bezw. W_x die Spaltbreiten des Apparates darstellen, so ergiebt sich die Beziehung

$$J_x = \frac{W_s}{W_x} J_s \text{ und, ist}$$

$J_s = 1$, dann ergiebt sich die zu messende Intensität als gleich dem Verhältnis der beiden Spaltbreiten. Die Resultate lassen sich graphisch darstellen, z. B. wir tragen die Wellenlängen als Abscissen und die Lichtintensitäten als Ordinaten auf. Es wurden eine Anzahl dieser Kurven gezeichnet, wobei als Einheit für den Ordinatenwert der der D-Linie (589 μ) entsprechende genommen wurde.

Figur 1 zeigt einige typische Kurven dieser Art.

Aus diesen Kurven geht hervor, dass die Flamme des mit Wasserstoff gemischten Acetylens reicher an Strahlen kleiner Wellenlänge ist, als die Flamme des reinen Acetylens. Die farbigen Eigenschaften scheinen jedoch von der Menge des beigemischten Wasserstoffs unabhängig zu sein, was jedoch nicht für den Grenzwert (0 % H) zutrifft.

1) Nichols, Phys. Review II. No. 8.

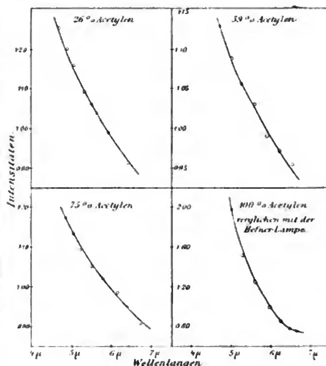


Fig. 1.

Der in der Figur 1 angegebene Prozentgehalt der Flammen an Acetylen bezieht sich auf Volumprozente, wie sie durch Analyse ermittelt wurden. Bei einem Gehalt an Acetylen

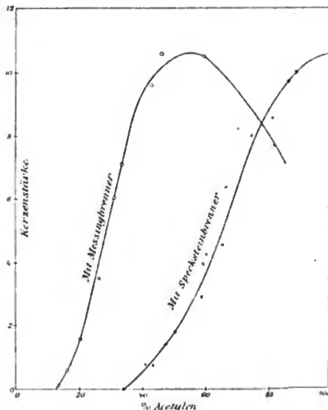


Fig. 2.

von 40 % und darüber wurde der Specksteinbrenner bei einem Gasdruck von 4 cm benutzt; bei einem Acetylengehalt unter 40 % wurde der Messingbrenner bei einem Gasdruck von 4 cm angewandt.

Der Messingbrenner wurde jedoch zur Bestimmung der Kerzenstärke auch bei höheren Prozentgehalten benutzt. Trägt man den Acetylenprozentgehalt der verschiedenen Mischungen als Abscissen, und die Kerzenstärken bei Verbrennung im Messingbrenner einerseits als Ordinaten, die nämlichen Prozentwerte als Abscissen und die Kerzenstärken bei Verbrennung im Specksteinbrenner andererseits als Ordinaten auf, so erhält man die in Figur 2 dargestellten Kurven.

Beim Messingbrenner erreicht die Kerzenstärke ein Maximum und sinkt hernach wieder mit steigendem Acetylengehalt. Dies rührt davon her, dass von einem gewissen Gehalt an Acetylen an eine unvollständige Verbrennung des Gases stattfindet. Verbrennt man im Specksteinbrenner Mischungen mit geringem Acetylengehalt, so ähnelt die Flamme sehr der des verbrennenden Wasserstoffs. Eine unvollständige Verbrennung des Gases fand jedoch, wie die Figur zeigt, nicht statt.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer).

(Eingegangen 14. April 1900).

Färbung von Flussspat durch Kathodenstrahlen.

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Bekanntlich zeigen die Alkalihaloidsalze unter dem Einflusse sie treffender Kathodenstrahlen eigentümliche Farbenänderungen. Neuerdings ist mir nun eine gleiche Erscheinung an einem natürlichen Mineral, Flussspat entgegengetreten. In der Litteratur habe ich über eine diesbezügliche Beobachtung, ausser einem Hinweise auf Untersuchungen von Weinschenk, nach denen farblose Salze und Mineralien unter dem Einflusse von Kathodenstrahlen gleichmässig dunkle Färbung annehmen,[1]) nichts finden können.

In einer evakuierten Glaskugel befindet sich in der Mitte ein Stück klaren, fast farblosen, weissen Flussspates; die konkave Kathode ist oberhalb desselben angeordnet. Bei wiederholtem Gebrauch zeigte sich nun eine immer stärker werdende bleibende Färbung der der Kathode zugewandten Oberfläche des Flussspatstückes: die von den Kathodenstrahlen hauptsächlich getroffene Region ist nach vielfachem Gebrauch dunkelviolett, fast schwarz; im reflektierten Lichte erscheint die gefärbte Fläche in einem schwachen Bronzeschimmer, der nach den Rändern zu besonders deutlich hervortritt. Die Färbung zeigt sich nur auf der der Kathode zugewandten Oberfläche und dringt nicht in den Krystall ein, wovon man sich durch Betrachten von der Seite überzeugen kann. Unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen leuchtet der benutzte Flussspat prachtvoll blau, und zeigt sich kein Einfluss der eintretenden Färbung auf die Phosphoreszenz; weder Farbe noch Stärke des Leuchtens zeigen sich verändert.

Berlin, den 15. Mai 1900.

(Eingegangen 16. Mai 1900.)

1) O. Lehmann, Die elektrischen Lichterscheinungen oder Entladungen. Halle, W. Knapp, 1898, S. 490.

Über die elektrische Leitfähigkeit von Flammen, welche Salzdämpfe enthalten.

Von Harold A. Wilson.

Zweck der hier mitgeteilten Versuche war, die Ähnlichkeiten eingehender zu verfolgen, welche zwischen der Leitfähigkeit von Salzdämpfen und jener von röntgenisierten Gasen bestehen und im besonderen, Aufschluss über die Geschwindigkeit der Ionen der Flamme zu erhalten. Der Aufsatz bildet zum Teil eine Fortsetzung der Untersuchungen „The Electric Conductivity and Luminosity of Flames containing Vaporised Salts" (Phil. Trans. A. Vol. 193, S. 89—128, 1899) und „Über die elektrische Leitfähigkeit von heissen Salzdämpfen" (Ztschr. für physik. Chemie 32, 2, 1900) und behandelt

1. den zur Herstellung der Flamme benutzten Apparat,

2. den Zusammenhang, in dem die elektromotorische Kraft und die Stromstärke in der Flamme stehen,

3. die Verteilung des Potentials zwischen den Elektroden,

4. die Ionenbildung in den Salzdämpfen,

5. das Verhältnis der Geschwindigkeiten der Ionen in den Flammen und in heisser Luft.

In der Schlussbetrachtung werden die an Flammen gewonnenen Resultate mit den in verdünnten leuchtenden Gasen erzielten verglichen.

1. Zur Erzeugung der Flamme

diente eine Vorrichtung, welche im Prinzipe der in den früheren Arbeiten benützten glich. In einen sorgfältig regulierten Strom von Leuchtgas und Luft wurde zerstäubte Salzlösung eingeführt und das Gemisch nach dem Austritt aus einer 0,7 cm weiten Messingröhre entzündet.

Die Luft wurde mittelst eines Wassertrommelgebläses zugeführt; um ihren Druck konstant zu halten, diente eine Quecksilbervorlage, durch welche bei Überdruck Luft entweichen konnte. Ein Gouyscher Zerstäuber, welcher durch den Luftstrom in Thätigkeit gesetzt war, sandte die zerstäubte Salzlösung in eine Glaskugel, in welche auch das Leuchtgas eingeführt wurde. Das Gemenge von Luft, Leuchtgas und Spray ging von hier aus erst in eine zweite Glaskugel, in der sich die grösseren Bläschen zu Boden senkten, und dann in die Brennerröhre.

Auf diese Weise erhielt ich eine sehr gleichmässige Flamme; Messungen ihrer Leitfähigkeit, während eine bestimmte Salzlösung eingeführt war, stimmten auf 2 % überein, selbst wenn an verschiedenen Tagen beobachtet wurde. Der Brenner hatte die Bunsensche Form und erhielt reichliche Luftzufuhr. Das in der Flamme verbrannte Leuchtgas belief sich auf 43 Liter pro Stunde. Die Höhe des inneren, scharf begrenzten grünen Kegels betrug 1,5 cm, die des äusseren 7,5 cm. Eine ausführliche Beschreibung des Apparates ist in der Arbeit „On the Electrical Conductivity of Salt Vapours" (Phil. Trans. A. Vol. 192, S. 499—528) gegeben.

2. Beziehung zwischen Stromstärke und E. M. K. in der Flamme.

Zwei Platindrahtnetze, deren jedes 14 cm Durchmesser hatte, und die horizontal über einander in die Flamme gebracht wurden, wurden bis zu 800 Volt Potentialdifferenz mit Spannung versehen, und die Stromstärke wurde für verschiedene Potentialdifferenzen und verschiedene Entfernungen der Netzelektroden gemessen.

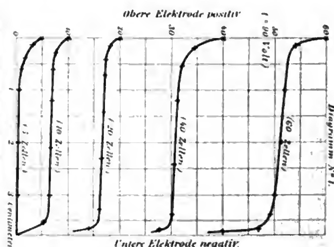
Der Strom, den eine hohe E. M. K. lieferte, war unabhängig von dem Abstande der Elektroden, wenn die obere Elektrode positiv geladen war und man nur nicht die Entfernung etwa so gross nahm, dass die obere Elektrode in den kälteren Teil der Flamme, in die Nähe der Spitze kam. War das obere Netz verhältnismässig kalt, so nahm der Strom stark ab, sobald es aber durch einen hindurchgeleiteten Strom heiss erhalten wurde, so zeigte sich der Strom wieder unabhängig von dem Elektrodenabstand, selbst wenn das obere Netz etwas über der Spitze der Flamme stand.

Hielt man beide Elektroden heiss, so nahm der Strom mit wachsender E. M. K. zu und erreichte einen nahezu konstanten Wert. Wurde die positive Elektrode abgekühlt, indem sie in der Flamme gehoben wurde, so stieg der Strom bis zu demselben Sättigungswerte, aber viel langsamer als vorher; dagegen schien der Strom sich durchaus nicht einem solchen Sättigungswerte zu nähern, wenn man die negative Elektrode abkühlte, während die positive heiss blieb. Die Stromstärke war erheblich grösser, wenn die negative Elektrode heiss und die positive kalt war, als wenn die negative Elektrode kalt und die positive heiss war.

3. Die Potentialverteilung zwischen den Elektroden.

Die Abnahme des Potentials in der Flamme zwischen den Elektroden wurde ermittelt, indem ein horizontaler isolierter Platindraht in die Flamme gehalten wurde und sein Potential am Quadrantenelektrometer gemessen wurde. Diese Drahtsonde nahm das Potential der Flamme sehr rasch an, so dass ihr Potential sich selbst dann nicht merklich änderte, wenn sie durch einen hohen Widerstand zur Erde abgeleitet wurde.

Das Diagramm stellt einige Beobachtungen dar, welche sich ergaben, als der Elektrodenabstand 3,8 cm betrug, die obere Elektrode positiv geladen blieb und die zerstäubte Salzlösung aus $^1/_{50}$ normaler Rubidiumchloridlösung bestand.



In diesem Falle, in welchem beide Elektroden weissrotglühend gehalten wurden, zeigt der Potentialabfall zwischen den Elektroden auffallende Ähnlichkeit mit dem in verdünnten Gasen. In der Nähe beider Elektroden fällt das Potential

steil ab, während in dem weiteren Zwischenraum ein nahezu konstantes und nur geringes Gefälle auftritt.

Auffällig ist namentlich der Potentialabfall an der negativen Elektrode. Er tritt um so charakteristischer auf, je höhere E. M. K. man verwendet. In dem obigen Diagramm ist er erst in der zweiten Kurve, die sich auf einen Versuch mit 10 Akkumulatoren bezieht, zu erkennen. Verschob man die obere, positiv gehaltene Elektrode gegen den kälteren Teil der Flamme, so wuchs die Potentialdifferenz sehr rasch, für welche ein besonderer Potentialsprung an der negativen Elektrode eintrat. So ergab sich z. B. bei einer Entfernung von 8,8 cm von der unteren Elektrode noch kein negativer Potentialsprung, selbst wenn 400 Elemente eingeschaltet waren.

Lud man die obere Elektrode negativ, so änderte sich der Charakter der Potentialkurven vollständig. In diesem Fall verlief der Potentialfall nahezu ganz in der Nähe der oberen negativen Elektrode.

4. Die Bildung der Ionen in Salzdämpfen.

In früheren Arbeiten auf diesem Gebiete wird in der Regel angenommen, die Salzdämpfe seien über das ganze Volum hin teilweise in der Flamme ionisiert, ähnlich wie es ein Salz in einer Lösung ist. Indessen lässt sich eine grosse Reihe von Thatsachen anführen, welche sich nicht leicht mit jener Hypothese in Einklang bringen lassen, wie z. B. die unter dem Namen „unipolare Leitung" bekannten Erscheinungen.

Arrhenius' Versuche (Wied. Ann. 42, S. 18, 1891) und die in den oben genannten Arbeiten angeführten untersuchten die Stromstärke nur für den Fall, dass die Elektroden einander sehr nahe standen. Sie lassen sich genügend einfach aus der Annahme erklären, dass nur überhaupt Ionisierung eintritt, ohne weitere Annahmen darüber zu machen, wie oder wo die Ionisierung stattfindet.

Ich schliesse aus den hier kurz berichteten Versuchsresultaten, dass die Ionisierung des Salzdampfes fast ausschliesslich an den glühenden Platinelektroden stattfindet und nicht im ganzen Flammenvolum.

Vielfach variierte Versuche, die zur Prüfung dieser Ansicht angestellt wurden, bestätigen ihre Richtigkeit.

Die Thatsache, dass der Sättigungsstrom zwischen den Elektroden in der Flamme nicht von ihrem Abstande abhängt, ist nach meiner Ansicht leicht begreiflich, während doch der Sättigungsstrom mit zunehmendem Abstande derselben zunehmen müsste, falls die Ionisierung im ganzen Flammenvolumen vor sich gehen würde. Es ergab sich hinsichtlich des Sättigungsstroms das nämliche Resultat, gleichviel ob die Elektroden in der Flamme vertikal und einander gegenübergestellt, oder ob sie horizontal und in vertikaler Entfernung angeordnet wurden.

Vertikale, in der Flamme einander gegenübergestellte Elektroden, zwischen welchen man eine Salzperle in die Flamme brachte, zeigten das zu erwartende Resultat: dass das Zwischenbringen der Salzperle die Stromstärke nicht änderte, solange als die Salzdämpfe nicht mit einer oder beiden Elektroden in wirkliche Berührung kamen. Man konnte die Perle mitten zwischen die Elektroden halten, ohne die Stromstärke zu erhöhen; hielt man sie in die Nähe der negativen Elektrode, so stieg die Stromstärke sehr rasch an; hielt man sie in die Nähe der positiven, so stieg die Stromstärke zwar auch, aber in geringerem Masse.

Es scheint somit die Ionisierung der Salzdämpfe, auf welcher die Leitfähigkeit der Flamme beruht, an der Oberfläche der Elektroden stattzufinden, wenn auch letztere sicher kälter als die Flammengase selbst sind.

Denken wir uns ein Salzmolekül aus entgegengesetzt geladenen Ionen oder Elektrons[1]) zusammengesetzt, welche durch ihre Ladungen zusammengehalten werden, so lässt sich der Vorgang in der Flamme so auffassen: ist ein Molekül einem Leiter, wie die Elektrode in der Flamme es ist, sehr nahe, so vermindert die auf dem Leiter induzierte Ladung die Anziehung zwischen den Ionen des Moleküls und ermöglicht so seine Zerlegung, während Moleküle, welche von der Elektrode weiter entfernt sind, noch stabil bleiben, obwohl ihre Temperatur höher ist.

5. Die relative Geschwindigkeit der Ionen in Flammen.

Die relativen Geschwindigkeiten der Ionen der Alkalisalze in der Flamme wurden näherungsweise ermittelt, indem das Potentialgefälle ermittelt wurde, welches nötig ist, um die Ionen in der Flamme nach abwärts, entgegen dem Gasstrom in Bewegung zu setzen.

Es wurde zu diesem Zwecke eine Salzperle zwischen die beiden Netzelektroden gebracht und die E. M. K. festgestellt, welche nötig ist, um eine Verstärkung des Stroms zwischen den Elektroden zu erzielen, während sich die Perle

1) Anm. des Übersetzers: Das Wort „Elektron" ist hier natürlich nicht in dem von Helmholtz und Nernst streng definierten Sinne verwendet, in dem wir es in Deutschland gewöhnlich verwenden.

dazwischen befand. Sodann wurde das Potentialgefälle bestimmt, welches dieser geringsten E. M. K. entsprach. Es ergab sich auf diese Weise, dass die positiven Ionen von *Li, Na, K, Rb* und *Cs* ungefähr die gleiche Geschwindigkeit in der Flamme haben, dass dagegen die negativen Ionen verschiedener Salze dieser Metalle zwar auch unter sich gleiche Geschwindigkeiten besitzen, aber gegenüber den positiven 17 mal so rasch wandern.

Die Geschwindigkeit der positiven Ionen ergab sich zu ungefähr 60 cm/sec für ein Volt pro Centimeter, die Geschwindigkeit der negativen Ionen betrug ungefähr 1000 cm/sec.

Die relativen Geschwindigkeiten der Ionen in heisser Luft.

Für verschiedene Salze wurden diese in einem Luftstrom von ungefähr 1000° C. bestimmt, der erzeugt wurde, indem Luft durch eine im Gasofen erhitzte Platinröhre von 1,3 cm Durchmesser und 50 cm Länge geblasen wurde. Die Messung wurde in gleicher Weise wie für die Flammen ausgeführt. Es lassen sich die Ionen so in drei Klassen einreihen, dass alle Ionen derselben Klasse gleiche Geschwindigkeit haben, und zwar haben

1. Die negativen Ionen der Salze *Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr* und *Ba* eine Geschwindigkeit von 26 cm/sec.

2. Die positiven Ionen der Salze von *Li, Na, K, Rb, Cs* 7,2 cm/sec.

3. Die positiven Ionen der Salze von *Ca, Sr* und *Ba* 3,8 cm/sec.

Somit haben diejenigen Ionen, welche in Lösungen gleiche Ladungen tragen, im gasförmigen Zustande gleiche Geschwindigkeiten. Dies legt den Schluss nahe, dass die Geschwindigkeit eines Ions in seinem Gaszustande in einem bestimmten Mittel nur von seiner Ladung abhängt.

Die Geschwindigkeiten sind kleiner als die für einatomige Ionen, so dass jedes Ion als ein Atomhaufen (cluster of atoms) vorzustellen ist. Nehmen wir an, es werde dieser Atomhaufen durch die in ihm befindliche Ladung zusammengehalten, so wird es verständlich, dass die Grösse des Haufens durch die elektrischen Ladungen bestimmt ist. Es würden demnach Ionen mit gleicher Ladung gleiche Grösse und auch gleiche Masse haben, da die den Haufen bildenden Atome wahrscheinlich leichter aus dem umgebenden Mittel als aus der geringen Menge des verfügbaren Salzes herrühren. In diesem Falle würden sie alle unter ähnlichen Versuchsbedingungen die nämliche Geschwindigkeit besitzen.

6. Resultate.

Nachdem die Ionisierung, welche die Leitfähigkeit der Salzdämpfe bewirkt, ausschliesslich an der Oberfläche der glühenden Elektroden vor sich geht, muss an der Oberfläche eine dünne Schicht vorhanden sein, in welcher lebhafte Zerlegung in Ionen und Wiedervereinigung derselben stattfindet.

Die Anzahl der Ionen, welche von der Oberfläche einer Elektrode ausgesondert werden, hängt von dem Potentialabfall an der Oberfläche ab und falls derselbe gross genug ist, um alle Ionen eines Vorzeichens herauszunehmen, ehe sich dieselben wieder mit den anderen vereinigen können, so wird die Stromstärke ihren grösstmöglichen Wert haben. Da die negativen Ionen sich sehr viel rascher bewegen als die positiven, so können sie viel leichter ausgeschieden werden, als letztere; sieht man daher von dem Falle ab, wo der Potentialfall gross genug ist, um alle Ionen beiderlei Vorzeichens auszuscheiden, so wird der Strom, der von einer Elektrode mit gegebenem Potentialsprung herrührt, stärker sein, wenn dieselbe negativ als wenn sie positiv geladen ist.

Nehmen wir den Fall, dass eine Elektrode weissglühend, die zweite dagegen ziemlich kalt ist, so dass an ihr wenig oder gar keine Ionisation eintritt, so werden sich in dem Raume zwischen den Elektroden nur Ionen eines Vorzeichens befinden, nämlich jene vom gleichen Vorzeichen, welches die Ladung der Elektrode hat, so dass das Gas eine Ladung enthält, welche den Potentialfall an der heissen Elektrode vermindert, während sie den an der kalten erhöht. Die experimentelle Bestimmung des Potentialgefälles in solchen Fällen zeigt diese Wirkung sehr deutlich.

In diesem Falle, in dem der Potentialabfall fast ganz an der kalten Elektrode erfolgt, wird, wegen des geringen Potentialgefälles an der heissen Elektrode, der Sättigungswert des Stromes nur schwer erreicht und die E. M. K.-Strom-Kurven steigen dauernd an, selbst bis zu den höchsten Spannungen, welche anwendbar waren.

Verbindet man die Elektroden direkt mit dem Galvanometer, ohne eine Batterie einzuschalten, so erfährt es eine kleine Ablenkung, welche einen von der kalten Elektrode durch die Flamme zur heissen Elektrode gehenden Strom anzeigt. Es lässt sich das leicht mit der Annahme erklären, dass negative Ionen entsprechend ihrer grösseren Geschwindigkeit von der Elektrode wegdiffundieren und so freie positive zurücklassen. Der Flammenzug unterstützt diese Wirkung, indem er die negativen Ionen, sobald sie die Oberfläche der Elektrode verlassen haben, fortbläst. Es verliert dement-

sprechend die heisse Elektrode mehr negative Ionen als die kalte, weil an ihr eine lebhaftere Ionenbildung stattfindet. Auf gleiche Weise wird ein in die Flamme gehaltener Draht positiv geladen. Diese Wirkung ist fast völlig jener von **Hallwachs**, **Righi** u. a. untersuchten Ladung analog, welche eine polierte Zinkplatte erfährt, wenn sie von ultraviolettem Licht getroffen wird.

Sind beide Elektroden heiss genug, um Ionisierung herbeizuführen, und ist das Potentialgefälle an der oberen gross genug, um die Ionen von ihr weg und entgegen dem Flammenzuge nach unten zu treiben, so werden in dem Raume zwischen den Elektroden beiderlei Ionen zugegen sein, was die Potentialverteilung modifiziert.

Wegen der viel geringeren Geschwindigkeit der positiven Ionen bleiben diese länger im Gase und haben daher einen grösseren Einfluss auf das Potentialgefälle; daher ist dieses an der negativen Elektrode grösser als an der positiven. Wegen der grossen Geschwindigkeit der negativen Ionen können diese unter einem viel kleineren Potentialgefälle alle ausgeschieden werden als die positiven, und es wird daher der Strom hauptsächlich von den negativen Ionen getragen, ausser man wendet sehr hohe E. M. K. an. Es lassen sich diese Erwägungen gut durch die oben beschriebenen Versuche mit der Wirkung illustrieren, welche eine besondere Erhitzung der oberen Elektrode ausübt, wenn dieselbe positiv geladen ist. Erhitzt man sie, so bringen die von ihr kommenden positiven Ionen den Potentialfall von der positiven zur negativen Elektrode, so dass alle negativen Ionen von dort herausgenommen werden und der Strom erreicht seinen Sättigungswert bezüglich der negativen Ionen.

Ist nun die positive Elektrode erhitzt, so bewirken die sich fortbewegenden positiven Ionen, dass der Potentialfall fast nur an der negativen Elektrode verläuft, und, da sie so geringe Geschwindigkeit besitzen, wird diese Wirkung kräftiger sein, als wenn bloss negative Ionen vorhanden sind. Dementsprechend, und da es schwieriger ist, die langsamen positiven Ionen von der Elektrode weg zu entfernen, wird der Strom viel schwächer sein, wenn die positive Elektrode heiss ist, als wenn die negative erhitzt wird. Es lassen sich auf diese Weise alle Erscheinungen der unipolaren Induktion leicht erklären.

Erhitzt man beide Elektroden, so fällt das Potential besonders stark an der negativen Elektrode und der Strom, der von den negativen Ionen gebildet wird, erreicht seinen Sättigungswert bei verhältnismässig geringer E. M. K., während der von den positiven Ionen getragene Strom ziemlich gleichmässig mit der E. M. K. wächst.

Die beschriebenen Beobachtungsresultate über die Potentialverteilung zwischen den Elektroden offenbaren eine sehr enge Analogie der Leitfähigkeit von Salzdämpfen in Flammen mit jener von verdünnten Gasen. In beiden Fällen ist der Potentialabfall an der negativen Elektrode grösser als an der positiven, während das Potentialgefälle in der Mitte nur gering ist und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die eigentümliche Potentialverteilung in verdünnten Gasen, ebenso wie die in der Flamme auf den grossen Unterschied in den Geschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen zurückzuführen ist.

Cambridge, im Mai 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. **Fischer**, München.)

(Eingegangen 22. Mai 1900.)

Tagesereignisse.

Von dem französischen Organisationskomitee ergeht an die Physiker folgende Einladung:

Congrès international de Physique.

(Paris, 6-12 Août 1900.)

Monsieur,

Nous avons l'honneur de vous rappeler que le Congrès international, dont la Société française de physique a pris l'initiative, se réunira à Paris, le 6 août 1900, au Palais des Congrès de l'Exposition universelle.

Les séances suivantes se tiendront du 6 au 12 août à l'Hôtel de la Société d'Encouragement, rue de Rennes, 44 (siège de la Société française de physique.)

Le programme des travaux du Congrès comportera trois parties:

1° Communications diverses et conférences sur quelques questions nouvelles;

2° Visites à l'Exposition, à des laboratoires, à des ateliers;

3° Rapports et discussions sur des sujets arrêtés à l'avance.

La Commission d'organisation a dû se préoccuper tout d'abord, plus particulièrement, de cette troisième partie. Elle a estimé qu'il y aurait un très grand intérêt à étendre, dans la mesure la plus large, la liste des sujets qui doivent faire l'objet de rapports. Alors même que certaines questions se prêteraient peu à une discussion orale, il serait sans doute fort utile, pour toutes les personnes qui s'intéressent à la physique, de lire un exposé critique, succint et précis, de l'état actuel de la science sur tous les sujets les plus importants.

Vous trouverez ci-après le nom des auteurs qui ont bien voulu, jusqu'à présent, promettre leur collaboration, avec le titre des rapports qu'ils ont accepté d'écrire. Cette liste n'est pas encore complète, mais, telle qu'elle est actuellement, elle vous permettra de vous rendre compte de l'ampleur que la Commission a cherché à donner à cette partie de son œuvre.

La plupart de ces rapports, qui seront tous écrits en français, pourront, sur leur demande et avant l'ouverture du

Congrès, être communiqués en épreuves aux personnes qui auront adhéré au Congrès et qui s'intéressent plus spécialement à certains sujets; puis ils seront tous réunis en un volume qui sera distribué gratuitement (sauf le remboursement des frais d'envoi) à tous les membres, alors même, bien entendu, que les circonstances les auraient empêchés d'assister aux séances.

Le livre ainsi constitué ne pourra d'ailleurs être mis en vente qu'après le Congrès et à un prix supérieur au prix de la carte du Congrès, fixé à 20 francs.

Nous vous rappelons que cette carte donne, en outre, droit:

1° A la participation à tous les travaux, à toutes les visites et conférences qui pourront être organisées;

2° A la réception du compte rendu des travaux, aussitôt après la publication;

3° A la distribution de cartes supplémentaires à prix réduit permettant aux membres de votre famille qui vous accompagneront d'assister à certaines séances et à certaines visites.

Les inscriptions seront reçues jusqu'au jour de la fermeture du Congrès, mais la Commission a le plus grand intérêt à connaître le plus tôt possible le nombre des adhérents, et les communications ultérieures relatives au Congrès seront strictement réservées aux personnes qui se seront fait inscrire. Nous insistons donc pour que vous ayez l'obligeance de nous faire connaître, dès que vous le pourrez, votre adhésion définitive[1]); il vous suffira de remplir le bulletin ci-joint et de le renvoyer après l'avoir affranchi.

Vous pouvez aussi envoyer, dès à présent, le montant de votre cotisation (20 francs), à M. de La Touanne, trésorier du Congrès, rue de Tournon, 8, à Paris. Il vous est naturellement loisible d'user de tel mode d'envoi qui vous conviendra; mais, pour éviter les frais et les difficultés, nous vous recommandons:

1° Ou bien le dépôt de votre cotisation dans une succursale française ou étrangère ou chez un correspondant du Crédit lyonnais, au nom de M. G. de La Touanne, trésorier du Congrès de physique (compte 6107, bureau X, Paris); il serait bon, dans ce cas, de prévenir, soit par un mot ajouté au bulletin d'adhésion, soit par une carte postale adressée à M. de La Touanne, que vous avez effectué ce dépôt.

2° Ou bien l'envoi d'un chèque sur le Crédit lyonnais adressé à M. G. de La Touanne, trésorier du Congrès de physique, rue de Tournon, 8, à Paris.

Toutes les autres communications doivent être adressées: 1° à M. Ch.-Ed. Guillaume, physicien du Bureau international des poids et mesures, secrétaire pour l'étranger, au Pavillon de Breteuil, Sèvres (Seine-et-Oise), ou à M. Lucien Poincaré, chargé de cours à l'Université de Paris, secrétaire pour la France, boulevard Raspail, 105 bis, à Paris.

Le Président du Comité d'organisation, Cornu, Membre de l'Institut, Président de la Société française de physique.

Le Trésorier, G. de La Touanne, rue de Tournon, 8, Paris.

Les Secrétaires:

Ch.-Ed. Guillaume, Au Pavillon de Breteuil, Sèvres, (Seine-et-Oise).

Lucien Poincaré, boulevard Raspail, 105 bis, Paris.

1) Les personnes qui ont déjà envoyé leur adhésion provisoire n'ont pas besoin, pour être inscrites définitivement, de retourner le bulletin ci-joint si elles adressent le montant de leur cotisation.

Liste des Rapports qui seront réunis en un volume et distribués à tous les membres du Congrès[1]).

Amagat, Statique des fluides. — Ames, L'équivalent mécanique de la calorie. — Arrhenius, Électrolyse et ionisation. — Arsonval (d'), Les courants de haute fréquence dans l'organisme. — Barus, Pyrométrie. — Battelli, Calorimétrie des fluides. — Becquerel, Rayons uraniques. — Benoit (R.), Précision des déterminations métrologiques. — Bichat (Swyngedaw et), Phénomènes actino-électriques. — Bjerknes (V.), Actions hydrodynamiques à distance. — Blondlot (Gutton et), Vitesse des ondes électriques. — Bourgeois (Comt.), Pesanteur à la surface du globe. — Bouty, Les diélectriques gazeux. — Boys, La constante de la gravitation. — Branly, Variation de résistance des tubes à limaille. — Brillouin, Diffusion des gaz. — Broca, Transmission de l'énergie dans l'organisme. — Carvallo, Les formules de dispersion. — Charpentier, Phénomènes qui se produisent sur la rétine. — Christiansen, Électricité de contact. — Cornu, Vitesse de la lumière. — Crova, La constante solaire. — Curie (M. et Mme), Les nouvelles substances radio-actives et les rayons de Becquerel qu'elles émettent. — Drude, Propriétés optiques des métaux. — Du Bois, Propriétés magnétiques des corps. — Exner, Électricité atmosphérique. — Galitzine (Prince), L'indice critique. — Gouy, L'étalon de force électromotrice. — Guillaume, Décisions internationales concernant les unités et la nomenclature. — Propositions diverses. — Griffiths, L'unité de chaleur. — Hagenbach, Optique de la glace: glaciers. — Hurmuzescu, Détermination de V. — Lang (von), L'arc électrique. — Leduc, Équivalent électrochimique de l'argent. — Lippmann, L'échelle absolue des températures. — Lummer, L'émission des corps noirs, des solides et des liquides. — Lorentz, Magnéto-optique. — Macé de Lépinay, Déterminations métrologiques par les méthodes interférentielles. — Mathias, Constantes critiques et formules caractéristiques. — Mensbrugghe (van der), Phénomènes capillaires. — Pellat, Laboratoires nationaux. — Poincaré (H.), Rapports entre la physique expérimentale et la physique mathématique. — Poincaré (L.), Théories de la pile voltaique. — Potier, Les courants polyphasés. — Poynting, Théorie de la propagation de l'électricité. — Pringsheim, L'émission des gaz. — Righi, Les ondes hertziennes. — Rubens, Les grandes longueurs d'onde. — Rydberg, Répartition des raies spectrales. — Sarasin et Forel, Les oscillations des lacs. — Schwedoff, Rigidité des liquides. — Spring (W.), Les solides sous pression: diffusion des solides. — Thomson (J.-J.), Décharges électriques dans les gaz. — Tscherning, L'accommodation. — Villard, Rayons cathodiques. — Violle, Vitesse du son. — Voigt, Élasticité et symétrie des cristaux. — Warburg, L'hystérésis magnétique. — Wien (W.), Température et entropie de la radiation. — Witz, Progrès récents de la théorie des moteurs thermiques.

1) Les rapports sont inscrits dans cette liste par ordre alphabétique des noms d'auteurs. La liste sera complétée ultérieurement.

Personalien.

Die Zulassung des Privatdozenten für Elektrochemie an der Bergakademie in Leoben, Heinrich Pawek, als Privatdozent für das gleiche Fach an der technischen Hochschule in Wien ist bestätigt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 37. 16. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über elektrische Ladungen und Figuren auf der Oberfläche von Crookesschen und Geisslerschen Röhren.[1])

Von Emilio Villari.[2])

Crookessche Röhren laden sich negativ (—) durch Kathodenstrahlen, die auf einen beschränkten Teil ihrer Oberfläche treffen, positiv (+) durch Anodenstrahlen, die sich über ihre ganze Oberfläche hin verbreiten.

Bläst man eine Mischung von Schwefel und Mennige auf eine sphärische Crookessche Röhre, in welcher die konkave Scheibe Kathode ist, so zeigt sich an den Stellen, die vom Kathodenlicht getroffen werden, eine schöne Mennigefigur, während sich die übrige Kugel mit einer dünnen Schwefelschicht überzieht. In der Nähe der Kathode, deren Knopf mit Mennige überzogen ist, bilden sich oft rote Verästelungen. Schwefel und Mennige bleiben durch eine neutrale, reine Zone getrennt. Die kleinen Kugeln, die dazu bestimmt sind, das Glühendwerden einer Centralscheibe aus Platin und Iridium zu zeigen, werden bei Anwendung obengenannter Pulver durch die Anodenstrahlung (+), die sich über die ganze Oberfläche verbreitet, vollständig mit Schwefel überzogen, sodass die Kathodenstrahlung, wenn sie von der Centralscheibe ausgeht, auf die Seitenscheiben trifft und von ihnen, — oder umgekehrt, wenn sie von den Seitenscheiben ausgeht, von der Centralscheibe aufgehalten wird.

Legt man auf die in Aktion befindlichen Röhren einen Kupferdraht, der mit der Erde in Verbindung steht und auf den Röhren hin und her geschoben wird, und bläst die beiden Pulver darauf, so entstehen auf den Röhren Figuren, die abhängig sind von ihrer Ladung, welche durch den Draht stellenweise aufgehoben wird.

Nimmt man die selten angewandten birnförmigen Röhren, die nur geringen inneren Leitungswiderstand besitzen, und macht die mittlere Elektrode (von der das Kreuz abgenommen ist) positiv oder negativ elektrisch, so verbreitet sich die Ladung über die ganze Birnform, die infolgedessen mit Schwefel oder Mennige überzogen wird, mit Ausnahme des Scheitels, der sich mit Mennige oder Schwefel bedeckt.

Macht man in einer kleinen Röhre von grossem Leitungswiderstand das erhobene oder gesenkte Kreuz zur Anode, so verbreitet sich die Ladung + über die ganze Oberfläche, die wie im vorhergehenden Fall einen Überzug von Schwefel annimmt. Wird das gesenkte Kreuz zur Kathode gemacht, so verbreitet sich das Kathodenlicht in geringem Grade überall herum, trifft aber hauptsächlich gegen den oberen Teil der Röhre, und wird von dort nach dem unteren Teil reflektiert; es bringt dabei zwei verzweigte oscillierende Bilder zustande, die bei der Anwendung von Mennige und Schwefel schöne rote Zeichnungen hervorbringen. Wird die Scheibe zur Kathode und das Kreuz zur Anode, so verbreitet sich die Ladung + von letzterer über die Röhre, die sich völlig mit Schwefel bedeckt.

Die Art der Ladungen wurde auch mit einem Galvanometer untersucht, welches die Resultate, die sich bei Anwendung der Pulver ergeben hatten, vollständig bestätigte. Auf Geisslerschen Röhren machen sich die Ladungen nicht bemerkbar, vielleicht wegen ihrer sehr grossen Leitungsfähigkeit.

Wird in einer birnförmigen Röhre mit sehr leichtem Aluminiumkreuz dieses zur Kathode

1) Rend. d. Rle. Acc. dei Lincei, Maggio 1869; Rend. R. Ac. d. s. d. Napoli 15 Febbraio 1896.

2) Herr Villari war vor einiger Zeit so freundlich, mich darauf aufmerksam zu machen, dass er sich schon vor längerer Zeit mit Bestäubungsversuchen bei Röntgenröhren beschäftigt hatte. Meiner Bitte, für die Zeitschrift einen Auszug aus seiner Arbeit anzufertigen, hat derselbe auf das Bereitwilligste entsprochen. Durch meine eigene in den Ann. der Phys. Bd. 69 veröffentlichte Arbeit werden die älteren Versuche Villaris bestätigt und in einigen Punkten ergänzt, während auf der anderen Seite die Arbeit Villaris manches Interessante enthält, worauf sich meine Versuche nicht erstreckt hatten. Riecke.

gemacht, so senkt es sich sogleich, als ob es von den Kathodenstrahlen, die von ihm ausgehen und von dem antikathodischen Boden der Röhre reflektiert werden, zurückgestossen würde. Eine ähnliche, aber weniger energische Erscheinung beobachtet man, wenn die in dem Scheitel der Röhre befindliche Scheibe zur Kathode gemacht wird; es scheint, als gelänge es den vielen Kathodenstrahlen, die von der ausgedehnten Antikathode reflektiert werden, das Kreuz zu neigen und herunter zu ziehen, den Strahlen entgegen, welche direkt von der Kathode aus darauf treffen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 26. April 1900.)

Ein neues Barometer.

Von Karl T. Fischer.

1. Angeregt durch die Herren Proff. Dr. Sohncke (†) und Dr. Finsterwalder war ich mehrere Jahre lang damit beschäftigt, ein Konstruktionsprinzip zu finden, welches ein für Ballonzwecke brauchbares Luftdruckinstrument herzustellen erlaubt und nicht jene prinzipiellen Fehler mit sich bringt, an denen das Quecksilberbarometer und das Aneroid als Ballon-instrumente so sehr leiden: die Höhe der Quecksilbersäule in ersterem hört auf, ein einfaches Mass für den Luftdruck abzugeben, sobald sich der Ballon in beschleunigter Bewegung befindet, indem die Quecksilbersäule zu hoch bezw. zu tief steht, wenn der Ballon eine nach unten oder oben gerichtete Beschleunigung hat (Sohncke und Finsterwalder, Bemerkungen über die bei Ballonfahrten erreichbare Genauigkeit, Ztschr. für Luftschiffahrt u. Physik der Atmosphäre 1894, S. 177); die Aneroidangaben sind durch die unkontrolierbaren elastischen Nachwirkungen sehr entstellt (Jahresberichte des Münchener Vereins für Luftschiffahrt 1891, 1892 u. 1898). Solange man nur diese beiden Instrumente zur Höhenmessung verwenden kann, ist selbst bei Benützung bester Aneroide eine Genauigkeit der Höhenmessung von höchstens 50 m erreichbar. Obwohl nach den Untersuchungen von Finsterwalder photogrammetrische Aufnahmen im Ballon eine beträchtliche Erhöhung dieser Genauigkeit ermöglichen (vergl. Finsterwalder, „Ortsbestimmungen im Ballon“, Illustrierte aeronautische Mitteilungen 2. Jahrg. 1899, S. 1 ff.), so muss doch ein Barometer, welches im bewegten Ballon unmittelbar die Höhen richtig anzeigt, ein verfolgenswertes Ziel der Messkunde bleiben.

2. Ausgehend von der dreifachen Forderung, dass ein solches Barometer 1) unabhängig von der Beschleunigung des Ballons, 2) so empfindlich wie das Quecksilberbarometer und 3) frei von elastischen Nachwirkungen sein müsse, bin ich zur Konstruktion des im folgenden kurz beschriebenen Barometers gelangt, das am besten charakterisiert ist als Cartesianischer Taucher, dessen Gewicht bei konstanter Temperatur des Tauchergefässes als Funktion des in seinem Innern herrschenden Gasdruckes zur Messung des äusseren Luftdruckes verwendet wird.

Beschreibung des Versuchsinstrumentes. („Luftdruckaräometer“).

3. Der Barometerkörper (siehe Fig. 1) besteht aus einem aräometerförmigen Gefässe aus Glas; an den 30 cm langen Stiel schliesst sich eine Erweiterung an, welche unten eine 5 mm weite Öffnung O enthält und in eine mit Quecksilber zu füllende Kugel endigt. Die Erweiterung ist gegen den Raum im Stielrohre an der Stelle T hermetisch durch Glas abgeschlossen. Füllt man die Erweiterung mit Wasser, etwa so weit, dass der Raum V von Flüssigkeit frei bleibt und bringt man in die Kugel eine geeignete Menge Hg, so wird der Aräometerkörper in einem mit Wasser gefüllten Gefäss AA sich in eine bestimmte Gleichgewichtslage einstellen, welche dadurch bedingt ist, dass die von dem ganzen Körper verdrängte Wassermenge gerade soviel wiegt, wie das Aräometer. Da das Volumen V sich ändert, wenn der auf das Wasser in AA wirkende Luftdruck sich verändert, so ändert sich auch die durch V verdrängte Wassermenge, und so stellt sich bei verschiedenem Luftdruck das Aräometer verschieden tief ein. Hält man die Temperatur konstant, so lässt sich vermittelst einer in dem Stielrohre angebrachten Skala das Instrument zur Messung des Luftdrucks verwenden.

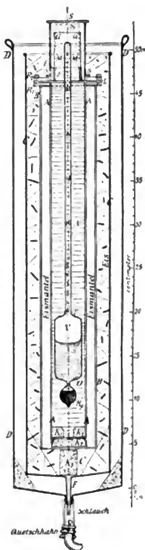


Fig. 1.

Das Gefäss AA ist aus einem $^1/_2$ mm starken Messingrohre hergestellt, welches bis an den Rand mit destilliertem Wasser gefüllt ist. AA ist in ein ähnliches zweites Gefäss BB eingesetzt. Oben ist BB in eine ringförmige Platte R_1 eingelötet, und in der Mitte derselben eine Öffnung ausgespart, welche gerade gestattet, den Cylinder AA in BB einzusetzen. Auf R_1 wird mittelst Lederzwischenlage und Schrauben eine ähnliche zweite Scheibe R_2 aufgesetzt und zwar so, dass AA gegen BB hin wasserdicht abgeschlossen ist. Mit R_2 steht die Ablesemarke in fester Verbindung, indem in R_2 zwei kurze Rohrstutzen EE eingelötet sind, die zwischen sich ein Glasrohr GG mit Siegellack oder Bleiglättekittdichtung aufnehmen. Auf GG ist eine feine Ringmarke MM eingeätzt, an welcher die Stellung der Aräometerskala abgelesen wird. Dem Zwecke, den Glaskörper während des Transportes gegen Stoss zu schützen, dient der Korkanschlag K_1 am Boden von AA und ein in das Glasrohr einsetzbarer Gummipfropfen (P) — punktiert gezeichnet —, und schliesslich ist noch zum Schutze des Glasrohres eine Messingrohrkappe SS in R_2 eingeschraubt.

Um den Innenraum von AA auf konstanter Temperatur zu halten, wird zwischen AA und BB, ähnlich wie beim Bunsenschen Eiskalorimeter ein Eismantel eingefroren und dieser Eismantel selbst wird durch das mit Eis gefüllte Gefäss CC gegen Schmelzen geschützt. Für die Zeit der Ablesung wird Gefäss BB etwas emporgehoben. CC ist durch ein weiteres Blechgefäss DD thermisch geschützt. Der Zwischenraum $C—D$ ist entweder mit Eis oder trockener Schafwolle oder sonst mit Isoliermaterial ausgefüllt. Die drei an DD angelöteten Haken dienen dazu, das Instrument im Ballon aufzuhängen.

Das Schmelzwasser wird durch den in F angesetzten Schlauch abgelassen oder es wird, falls die Aussentemperatur unter 0° sinkt, durch den Schlauch Schmelzwasser wieder zurücklaufen gelassen. K_1, K_2, K_3 stellen Kork vor.

Nach den bei einer Ballonfahrt am 10. Juni 1899 mit diesem Instrumente gemachten Erfahrungen blieb die Innentemperatur während der Fahrt während der 6 Stunden von früh 5 bis vormittags 11 Uhr, in denen Temperaturmessungen gemacht wurden, konstant.

4. Die Gleichgewichtslage des Aräometers ist dadurch gegeben, dass das Gewicht des Aräometers (= Gewicht der Glasteile + Gewicht des Quecksilbers + dem der eingeschlossenen Luft) gleich ist dem Gewicht der durch die eintauchenden Teile verdrängten Wassermenge.

Es führt diese Gleichung zur folgenden (angenäherten) Beziehung zwischen der Luftdruckdifferenz $(b-b_0)$ und der Verschiebung $(a-a_0)$ des Stielrohres:

$$b-b_0=(a-a_0)\left\{\frac{p_0\cdot q}{v_0-(a-a_0)q}-\frac{Q-q}{Q}\cdot\frac{s}{\sigma}\right\},$$

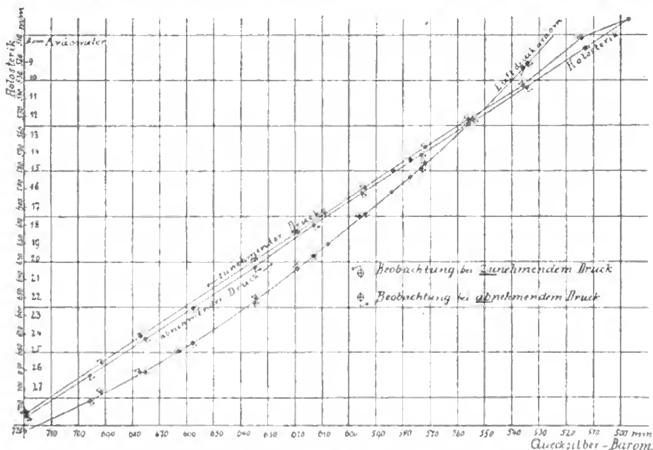


Fig. 2.

wo v_0 das zu einem bestimmten Druck p_0 im Inneren des Tauchers gehörige Volum des eingeschlossenen Gases ist,

q u. Q bezw. die Querschnitte des cylindrischen Stielrohres und des Innenraumes der Erweiterung V,

s u. σ bezw. die spez. Gewichte von Wasser und Quecksilber bedeuten.

5. Aus der Gleichgewichtsbedingung geht hervor, dass das Instrument unempfindlich gegen vertikale Beschleunigungen ist; es lässt sich dies sofort durch den Versuch bestätigen, wenn man es in einem Fahrstuhle während des Anfahrens oder Anhaltens beobachtet, oder schon, wenn man es direkt rasch hebt und senkt: es bleibt dabei die Einstellung unverändert. Die Beobachtung des Luftdruckaräometers während der Ballonfahrt vom 10. Juni 1899 durch Herrn Prof. Finsterwalder liess ebenfalls erkennen, dass das Instrument sich aperiodisch und unabhängig von den Ballonbeschleunigungen einstellt.

Um zu erkennen, ob das Instrument Nachwirkungen zeigt, die namentlich dann zu fürchten sind, wenn die Füllflüssigkeit leicht verdampft, habe ich im Laboratorium mehrfach Versuche angestellt, bei welchen ein Quecksilberbarometer, ein kompensiertes Holosteric-Aneroid und mein Luftdruckaräometer in Kommunikation mit einem grossen an die Luftpumpe angeschlossenen Glasballon von 80 l Inhalt standen und Druckänderungen von 5 zu 5 Minuten vorgenommen wurden. Fig. 2 zeigt die Überlegenheit des benützten Instrumentes (Fig. 1) gegenüber dem Aneroid sehr deutlich.

6. Die Empfindlichkeit des Luftdruckaräometers lässt sich erheblich steigern, wenn man die Volumänderung der im Taucher abgesperrten Luft V nicht auf die Volummessung des eintauchenden Stieles zurückführt, sondern auf Wägung, indem man den Taucherkörper bei T abschmilzt, an einen feinen Platindraht knüpft und etwa mit Hülfe der Mohrschen Wage wiegt. In diesem Falle befreit man sich von den kapillaren Störungen, welche sich am Stiele geltend machen und hat die Temperaturleitung nach dem Inneren des auf 0° C. zu haltenden Raumes auf ein Minimum reduziert. Die Abhängigkeit des äusseren Luftdruckes (b, b_0) vom entsprechenden Gewichte (P, P_0) des Taucherkörpers ist durch die Formel:

$$b - b_0 = P - P_0 \left\{ \frac{p_0}{v_0 s - (P - P_0)} + \frac{q + Q}{\sigma \cdot q \cdot Q} \right\}$$

gegeben, in welcher v_0, p_0, s u. σ die gleiche Bedeutung haben, wie oben, während q den inneren Querschnitt von V, Q den Querschnitt der Flüssigkeit im Rohre AA bezeichnen.

Besonders geeignet ist für diese Wägungen die von Bezold angegebene Form der Mohrschen Wage, welche an einem Gradbogen die Gewichte von 0.00 bis 10.00 g abzulesen erlaubt (zu beziehen von Böhm und Wiedemann in München, Sonnenstrasse).

Eine eingehende Beschreibung der Instrumente und der mit ihnen und ähnlichen ausgeführten Versuche wird in einem der nächsten Hefte der Meteorologischen Zeitschrift (herausgegeben von J. Hann in Wien) erscheinen.

München, Ende Mai 1900.

Physikalisches Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 30. Mai 1900.)

Gedanken über den elektrischen Ausgleich in Gasen, insbesondere über das elektrische Leuchten.

Von J. Stark.

I.

1. Einleitung. — Es soll hier nicht eine eingehende Analyse des elektrischen Ausgleichs in Gasen noch des Leuchtens eines Gasteilchens gegeben werden. Es soll vielmehr in der Hauptsache eine Erklärung der Erscheinung versucht werden, dass in elektrisch durchströmten Gasen die Stärke des ausgestrahlten Lichtes an verschiedenen Stellen verschieden gross ist, oder dass ein durchströmtes Gas leuchtende und dunkle Partien zeigt; und es soll eine Vermutung über den Zusammenhang der Art des elektrischen Ausgleichs in Gasen mit dem elektrischen Leuchten entwickelt werden. Entsprechend der Schwierigkeit der Aufgabe und der Neuheit gewisser Überlegungen musste dabei etwas weiter ausgeholt werden, als den Absichten dieser Zeitschrift entspricht. Gleichwohl konnten aber auch so nicht die Betrachtungen so eingehend und exakt gehalten werden, als ich es in einer Veröffentlichung in den Annalen der Physik zu thun gedenke. In dieser soll auch die einschlägige Litteratur mitgeteilt und besprochen werden.

2. Spannungsgefälle und Lichtstärke. — Da das Leuchten eines durchströmten Gases seine letzte Ursache in dem elektrischen Ausgleich hat, so ist von vorne herein zu erwarten, dass die räumliche Variation der Stärke des ausgestrahlten Lichtes in gewisser Weise parallel gehe der räumlichen Variation der Eigenschaften des elektrischen Ausgleichs. In dieser Zeitschrift (1. Jahrg. S. 359, 1900) und an anderer Stelle habe ich darauf hingewiesen, dass die Verteilung des Leuchtens durchströmter Gase parallel geht dem Verlauf des Spannungsgefälles, insbesondere, dass da, wo das Gefälle ein relatives Maximum hat, das durchströmte Gas in der Regel leuchtet und dass es da dunkel ist oder vielmehr

schwach leuchtet, wo das Gefälle ein relatives Minimum hat. Zu beachten ist hierbei, dass die Stärke des Leuchtens nicht von dem absoluten Werte des Gefälles abhängt, sondern nur an relativen Maxima desselben gross ist.

3. Leuchten und Kathodenstrahlen. — Viele Körper werden zum Leuchten angeregt, wenn sie von Kathodenstrahlen, d. h. von bewegten negativen Teilchen getroffen werden. Auch für Gase hat man dies nachgewiesen, indem man Kathodenstrahlen aus dem Entladegebiet heraus in gas- oder dampferfüllte Räume treten liess. Und ausgehend von dieser Thatsache ist von mehreren Seiten die Vermutung ausgesprochen worden, dass das Leuchten der negativen Glimmschicht von den Kathodenstrahlen verursacht werde, die von der Kathode herkommen. Aber beschränkt man sich auf diese Auffassung, so bleibt unerklärt, warum denn der dunkle Raum nicht leuchtet, der zwischen der Kathode und dem Anfang der negativen Glimmschicht liegt und doch sicherlich von zahlreichen negativen Ionen mit grosser Geschwindigkeit (Kathodenstrahlen) durchflogen wird. Unerklärt bleibt ausserdem das Leuchten in der positiven geschichteten oder ungeschichteten Lichtsäule.

II.

1. Positive und negative Lagen. — Wendet man die Gleichung $\triangle V = -4\pi\varrho$ (V Potential, ϱ räumliche Dichte) auf durchströmte Gase an, so lässt sich aus den Grahamschen [1]) Kurven des Spannungsgefälles in durchströmten Gasen entnehmen, dass innerhalb dieser räumliche Ladungen vorhanden sind. Nun ist ja freilich die Anwendung jener Gleichung auf den vorliegenden Fall nicht einwandsfrei; aber eine genauere Untersuchung ergiebt gleichwohl ebenfalls, dass in einem durchströmten Gas Partien (Lagen) vorhanden sind, in denen positive Ionen gegenüber der Zahl der negativen im Überschuss vorhanden sind und umgekehrt; und zwar ist der nach der Anode zu gelegene Abhang eines Maximums des Gefälles positiv, der nach der Kathode zu gelegene Abhang negativ geladen.

An anderer Stelle mag das Auftreten der positiven und negativen Lagen eingehend behandelt werden. Hier seien nur folgende zwei Sätze hingestellt. Das Auftreten positiver und negativer Lagen hat seinen letzten Grund in dem thatsächlich erwiesenen Unterschiede der Geschwindigkeiten der positiven und negativen Gasionen. Die gesamte für uns messbare Intensität eines Stromes durch ein Gas ist als eine für alle Querschnitte konstante gleiche Summe eines Stromes positiver und eines Stromes negativer Teilchen aufzufassen; die Glieder dieser Summe oder ihre Differenz können in verschiedenen Querschnitten verschieden gross sein.

2. Relative Bewegung der Ionen an Maximal- und Minimalstellen des Gefälles. — Die Existenz der positiven und negativen Lagen ist hier abgeleitet aus dem Auftreten von Maximal- und Minimalwerten des Gefälles. Setzt man umgekehrt hypothetisch die positiven und negativen Lagen als das primär Gegebene voraus, so kann man folgern, dass zwischen einer positiven Lage (Anodenseite) und einer negativen (Kathodenseite) das Gefälle ein Maximum hat. Zwischen einer negativen Lage und einer positiven (Richtung von der Anode zu der Kathode) dagegen muss ein Minimum des Gefälles liegen.

Die positiven Ionen im durchströmten Gase werden nun von der elektrischen Kraft in der Richtung von der Anode zur Kathode getrieben, die negativen Ionen in der entgegengesetzten Richtung. In einem Gefällemaximum werden darum negative Ionen aus einer negativen Lage heraus in eine positiv elektrisierte Lage hineingetrieben; positive Ionen dagegen werden aus einer positiven Lage gegen eine negative hingetrieben. Dabei ist zu beachten, dass die negativen Ionen vermöge ihrer grösseren Geschwindigkeit eine längere Strecke durcheilen als die positiven. Bei grösseren Geschwindigkeitsdifferenzen ist es gerade so, wie wenn die positiven Ionen stillständen und die negativen allein sich bewegten und zwar auf die ersteren zu. Dies im Auge behaltend kann man folgendes sagen: An einem Gefällemaximum bewegen sich positive und negative Ionen gegen einander, getrieben von der elektrischen Kraft. Und zwar umfasst diese Gegenwanderung nur einen kleinen Teil des Anfanges der dortigen negativen Lage (Richtung von der Anode zu der Kathode), dagegen einen relativ beträchtlichen Teil des Endes der dortigen positiven Lage, oder mit anderen Worten, die Gegenwanderung (ausgedrückt in einem gewissen Masse) positiver und negativer Ionen an einem Gefällemaximum nimmt nach der Kathode zu rasch ab, wird dagegen nach der Anode zu nur langsam kleiner.

In einem Gefälleminimum oder zwischen einer negativen und positiven Lage liegen die Verhältnisse anders. Von ihm werden nach der Kathode zu positive Ionen in die positive Lage hinein weggetrieben; es bewegen sich durch dasselbe unter dem Einfluss der elektrischen Kraft nach der Anode zu in der Hauptsache nur negative Ionen. In einem Gefälleminimum ist also nur wenig Gegen-

1) W. P. Graham, Wied. Ann. 64, S. 49. 1897.

wanderung positiver und negativer Ionen vorhanden.

3. Ionisierung und Gefällemaxima. — Wir wissen, dass wenn in einem Gase die elektrische Kraft des Feldes eine gewisse Grenze überschreitet, ungleichnamige Ionen aus Gasteilchen von einander gelöst und darauf, indem eine disruptive Entladung erfolgt, gegen einander von der elektrischen Kraft verschoben werden. Findet innerhalb eines durchströmten Gases unter der Wirkung des Gesamtfeldes (Feld herrührend von sämtlichen in Betracht kommenden Elektrizitätsmengen) eine solche Ionisierung statt, so ist dies vor allem da der Fall, wo das Gefälle (die elektrische Kraft) ein Maximum hat.

III.

1. Anregung eines Massenteilchens zu Schwingungen. — Unter Massenteilchen sei hier ein System von Centren verstanden, die durch innere Kräfte verbunden sind. Wird das Gleichgewicht in einem solchen Massenteilchen durch äussere Kräfte gestört oder wird das Teilchen deformiert und tritt dann eine im Vergleich zu der Dauer einer Schwingung, deren das Massenteilchen fähig ist, schnelle Abnahme der deformierenden Kräfte ein, so strebt dieses unter dem Einfluss seiner inneren Kräfte in seinen ungestörten Gleichgewichtszustand zurückzukehren, geht aber bei Auftreten lebendiger Kraft oder bei geringer Dämpfung über diesen hinaus, um dann wieder umzukehren, oder kurz: es gerät in Schwingungen. Allgemeiner und präziser lässt sich der vorstehende Gedanke in folgender Form aussprechen. Erfährt ein schwingfähiges Massenteilchen unter dem Einflusse äusserer Kräfte (hierin seien auch mechanische Stosskräfte inbegriffen) Deformationen oder Störungen seines Gleichgewichtszustandes und variieren diese äusseren Kräfte zeitlich schnell im Vergleich zu seinen Schwingungsperioden, so gerät es in Schwingungen.

Die mittlere Intensität der Strahlung, die von einem zu Schwingungen angeregten Massenteilchen ausgesandt werden kann, nimmt zu mit der Zahl der in der Volumeneinheit schwingenden Massenteilchen und ist proportional der mittleren Intensität der Schwingungen der einzelnen Teilchen, und diese selbst wächst mit der Grösse der zeitlichen Änderung der anregenden äusseren Kräfte.

Variiert nun räumlich die Strahlungsintensität eines Volumens, so kann man gemäss dem Vorstehenden schliessen, dass in dem betreffenden Volumen die Zahl der zu Schwingungen angeregten Massenteilchen oder die Intensität der Schwingung der einzelnen Teilchen räumlich variiert.

2. Zeitliche Variation von Kräften in durchströmten Gasen. — Mit einer zeitlichen Änderung der elektrischen Kraft ist nach den Maxwellschen Gleichungen immer auch eine Änderung der magnetischen Kraft verbunden. Unter elektromagnetischem Gesamtfeld soll nun hier das Feld verstanden werden, das bestimmt ist durch die elektrischen und magnetischen Kräfte sämtlicher in Betracht kommender Elektrizitätsmengen und Stromelemente. Unter elektromagnetischem Ionenfeld soll das (elektrische und magnetische) Feld verstanden sein, das auf kurze Entfernung rings ein Ion umgiebt.

In einem Gase mit einem elektromagnetischen Gesamtfeld kann nun, wie bereits gesagt wurde, das Gefälle (die elektrische Kraft) so gross werden, dass das Gas ionisiert wird, indem eine disruptive Entladung eintritt. Mit dieser ist aber eine sehr schnelle zeitliche Änderung des Gesamtfeldes verbunden. In Gasen kann also durch disruptive Entladung eine schnelle zeitliche Variation des Gesamtfeldes auftreten.

Nun darf der Fall nicht ausgeschlossen werden, dass in einem Gase das elektromagnetische Gesamtfeld, insofern es Mittel- oder Summenwerte der in Betracht kommenden Grössen giebt, zeitlich so gut wie konstant ist. Aber auch in diesem Falle, also unter allen Umständen wird in einem Gase, wenn in ihm überhaupt eine elektrische Strömung stattfindet, das einzelne elektromagnetische Ionenfeld zeitlich variieren. Diese Variation des Ionenfeldes kommt dadurch zu stande, dass das bewegte positive oder negative Ion in unmittelbarer Nähe an einem elektrischen oder unelektrischen Teilchen vorbeiwandert oder direkt mit ihm zusammenstösst. Besonders wenn das wandernde Ion einem anderen sehr oder unendlich nahe kommt, ist die zeitliche Variation der Ionenfelder eine bedeutende. Doch ist dabei zu beachten, dass gleichnamige Ionen nur, wenn sie eine sehr grosse relative Geschwindigkeit besitzen, einander sehr nahe kommen können und im übrigen einander zu meiden suchen, dass also gleichnamige Ionen gegenseitig ihre Felder zeitlich nur sehr wenig variieren. Dagegen ist zwischen ungleichnamigen Ionen gerade das Gegenteil der Fall. Sie ändern ihre Felder nicht nur da, wo sie sich zufällig auf ihrer Wanderung begegnen; sondern sie ziehen sich gegenseitig an, und so weit es ihnen möglich ist, verlassen sie die ursprüngliche Richtung ihrer Geschwindigkeit, schiessen hart an einander vorbei oder treffen auf einander und ändern dabei zeitlich stark und schnell ihr Feld.

Neben der zeitlichen Variation des elektro-

magnetischen Gesamt- oder Ionenfeldes müssen als äussere Kräfte, die Massenteilchen zu Schwingungen anregen können, noch die mechanischen Stosskräfte aufprallender Ionen genannt werden. Diese treten dann auf, wenn durch Zusammenstoss auch die Ionenfelder eine starke Änderung erfahren.

Zu beachten ist, dass die zeitlichen Änderungen der elektromagnetischen Ionenfelder deswegen in gewöhnlichen Leitern so gut wie nicht, wohl aber in Gasen in Betracht kommen und Wirkungen hervorrufen müssen, weil dort nicht, wohl aber hier grosse Ionengeschwindigkeiten und darum starke und schnelle Änderungen der Ionenfelder auftreten.

3. Räumliche Variation der Impulse und der dadurch bewirkten Strahlung in einem durchströmten Gase. — Ermitteln wir nun, wie wir auf Grund der entwickelten Vorstellungen über den elektrischen Ausgleich in durchströmten Gasen uns die Verteilung von Impulsen vorzustellen haben. Impulse nämlich sollen im folgenden der Kürze halber die zeitlichen Änderungen der im vorstehenden gekennzeichneten Kräfte genannt werden.

Denken wir uns, um Anschaulichkeit zu gewinnen, einen speziellen aber typischen Fall, nämlich eine durchströmte cylindrische Gassäule, in der die positive Lichtsäule geschichtet ist.

Fassen wir zunächst nur solche Zusammenstösse der Ionen mit anderen Teilchen in das Auge, die ohne gegenseitige Anziehung und dadurch bewirkte Änderung der Bewegungsrichtung lediglich dadurch erfolgen, dass die wandernden Ionen zufällig anderen Teilchen begegnen. Die dadurch erzeugten zufälligen Impulse verteilen sich, was ihre Anzahl betrifft, bei gleichmässiger Dichte des Gases ziemlich gleichmässig durch die ganze Gassäule. Doch sind dann die Impulse stärker und erregen betroffene Massenteilchen zu stärkerer Schwingung bezw. intensiverer Strahlung, wenn die Geschwindigkeit der Ionen sehr gross ist. Dies trifft überall da zu, wo das Gefälle gross ist; so in dem ins Auge gefassten Fall an der Kathode. In der Nähe von dieser wird darum das Gas und die Röhrenwand oder irgend ein ihr genäherter Körper zu stärkerem Leuchten durch wandernde negative Ionen angeregt als an anderen Stellen, wo diese infolge eines kleineren Gefälles eine kleinere Geschwindigkeit besitzen. Auch nur an Stellen mit sehr grossem Gefälle wie an der Kathode ist zu erwarten, dass die viel langsamer als die negativen wandernden positiven Ionen getroffene Massenteilchen zum Leuchten anregen (Leuchten unter dem Einflusse von Kanalstrahlen).

Die durch die zufälligen Impulse infolge der Ionenwanderung angeregte Strahlung hängt nun bei konstanter Temperatur ab von den in der Volumeneinheit enthaltenen Gasteilchen, also von der Dichte oder dem Drucke. Bei konstanter Geschwindigkeit der wandernden Ionen in einem Querschnitt und konstanter Stromdichte ist darum das Leuchten infolge der zufälligen Impulse proportional dem Drucke und darum bei den niedrigen Drucken, bei denen in der Regel gearbeitet wird, so gering, wie es in den dunklen Räumen der Fall ist.

Würden nun in einem Gase nur zufällige Impulse vorkommen, und würden die Zahlen der positiven und negativen Ionen zwar im allgemeinen variabel, aber in jedem Volumenelemente gleich gross sein, so würden keine relativen Maxima und Minima des Leuchtens auftreten können. Sowie jedoch positive und negative Lagen in einem durchströmten Gase vorhanden sind, gesellen sich da, wo positive und negative Ionen sich gegen einander bewegen, zu den zufälligen noch erzwungene Impulse infolge der Anziehung der gegen einander wandernden ungleichnamigen Ionen. Diese erzwungenen Impulse sind nicht nur viel zahlreicher (annähernd proportional dem Produkt der gegen einander wandernden Ionen), sondern wie oben dargelegt wurde, auch viel intensiver. Wo darum diese Gegenwanderung positiver und negativer Ionen stattfindet, ist die von einem durchströmten Gas ausgesandte Strahlung infolge der erzwungenen Impulse aus zwei Gründen viel intensiver als an Stellen, wo nur gleichnamige Ionen sich bewegen und darum nur zufällige Impulse auftreten.

Wie auseinander gesetzt wurde, findet nun an Stellen, wo das Gefälle ein Maximum hat, eine Gegenwanderung von positiven und negativen Ionen statt und zwar nimmt diese vom Maximum des Gefälles weg nach der Kathode zu rasch, nach der Anode zu langsam ab. Durch ein Minimum des Gefälles bewegen sich dagegen nach dem benachbarten Maximum zu in der Hauptsache nur negative Ionen. Gemäss dem Obigen muss darum die Intensität der Strahlung des Gases an Maximalstelle des Gefälles Maxima und an den Minimalstellen Minima haben. Und zwar müssen die Maxima der Strahlung, wie nach dem Gesagten klar wird, gegen die Kathode zu schnell kleiner werden und mehr oder weniger scharf begrenzt erscheinen, dagegen nach der Anode zu langsam abfallen.

Zur Veranschaulichung der besprochenen Vorgänge möchte ich an folgenden bekannten Versuch von Des Coudres[1]) erinnern. Aus einer Kathodenstrahlkapsel treten durch ein

1) Des Coudres, Verhandl. d. Phys. Gesellsch. z. Berlin, 17, S. 17. 1898.

Aluminiumfenster Kathodenstrahlen in die atmosphärische Luft. Hier zerstreuen sie sich und treffen zum Teil auf einen Fluorescenzschirm. Wird dieser positiv elektrisiert, so nimmt sein Leuchten zu, und bei negativer Elektrisierung nimmt es ab. Im ersten Fall ist nicht nur die Geschwindigkeit der auf den Schirm treffenden negativen Ionen grösser, sondern dieser saugt auch eine grössere Anzahl derselben an sich als wenn er unelektrisch ist. Die positiven Ionen in den positiven Lagen kann man sich demnach als positiv elektrisierte Leuchtschirme vorstellen.

Neben der im vorstehenden ausschliesslich ins Auge gefassten zeitlichen Variation der elektromagnetischen Ionenfelder in einem Gefällemaximum kann hier, wie dargelegt wurde, auch das elektromagnetische Gesamtfeld variieren und Schwingungen anregen; doch sind diese wahrscheinlich von einer anderen Art und Periode als die Schwingungen, welche die wohl viel schneller verlaufenden Variationen der einzelnen Ionenfelder hervorrufen.

4. Perioden der erregten Schwingungen. — Es ist bereits ausdrücklich gesagt worden, dass das Zustandekommen von Schwingungen eines Massenteilchens neben der Dämpfung in erster Linie dadurch bedingt ist, dass die zeitliche Änderung äusserer deformierender Kräfte schnell verlaufe im Verhältnis zu den Perioden, in denen das Massenteilchen zu schwingen fähig ist. Hieraus ergiebt sich ohne weiteres, dass Schwingungen mit um so kleineren Perioden in Erscheinung treten können, je schneller eine Änderung der deformierenden Kräfte verläuft.

In Anwendung auf elektrisch durchströmte Gase ist hieraus zu folgern, dass da, wo Gasionen auftreffen, Schwingungen mit um so kleinerer Periode sich zeigen können, je grösser die Geschwindigkeit der bewegten Ionen wird. So ist zu vermuten, dass mit zunehmender Geschwindigkeit der negativen Teilchen das Maximum der Intensität des von Gasen ausgestrahlten Lichtes von dem roten Teil des Spektrums nach dem violetten hin sich verschiebt, ferner dass der Unterschied in den Farben des positiven und des negativen Glimmlichtes nicht durch eine Verschiedenheit der Temperaturen des Gases, sondern der Geschwindigkeiten der wandernden Ionen bedingt ist.

5. Perspektiven. — Die im vorstehenden entwickelten Gedanken lassen sich, soweit ich bis jetzt gefunden habe, ungezwungen auf alle bekannten elektrischen Leuchterscheinungen in Gasen anwenden. Sie führen nicht nur zu einer Klassifizierung, einem tieferen Verständnis derselben und zu der Möglichkeit, den Charakter einer Gasentladung nach dem Anblick bis zu einem gewissen Mass zu beurteilen, sondern sie geben uns auch einen Fingerzeig, nach welchen Grundideen und in welcher Richtung wir vorzugehen haben, um gewisse Erscheinungen in Zusammenhang bringen und möglicherweise neue finden zu können.

Da wo wir mit unserem Auge oder mit entsprechenden Instrumenten ein relatives Maximum der Strahlung beobachten, können wir nach einem Maximum des Gefälles oder allgemeiner nach einer Gegenwanderung positiver und negativer Ionen suchen. Umgekehrt wo wir ein Maximum des Gefälles oder eine Gegenwanderung von Ionen oder eine disruptive Entladung feststellen können, aber mit unserem Auge keine Strahlung wahrnehmen, können wir eine solche mit Sicherheit vermuten und mit geeigneten Instrumenten suchen. Diese Vermutung ist auch für solche Stellen berechtigt, wo sehr schnell wandernde Ionen auf irgend welche Massenteilchen treffen. Endlich können wir durch Herstellung verschiedener Geschwindigkeiten der Ionen Schwingungen von grossen bis zu sehr kleinen Perioden zu gewinnen hoffen.

Göttingen, Phys. Inst. d. Univ., 1. Juni 1900.

(Eingegangen 3. Juni 1900.)

Personalien.

Der derzeitige Rektor der Universität Genf, Professor der Physik Charles Soret hat aus Gesundheitsrücksichten seinen Rücktritt vom Lehramte erklärt.

Professor Limpricht, Direktor des chemischen Instituts der Universität Greifswald, wird mit Schluss dieses Semesters in den Ruhestand treten.

Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien wählte zu korrespondierenden Mitgliedern Dr. Auer v. Welsbach, den Erfinder des Auerlichtes, Prof. Dr. Abbe in Jena und Prof. Dr. Klein in Göttingen.

Die Universität Krakau ernannte anlässlich ihrer 500jährigen Jubelfeier Professor Klein in Göttingen zum Ehrendoktor.

An der technischen Hochschule zu Berlin ist der Ingenieur Emil Heyn bei der Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen als Privatdozent zugelassen worden. Sein Lehrfach umfasst die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Bearbeitung mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie.

In der medizinischen Fakultät der Universität Zürich hat sich Dr. phil. et med. Adolf Oswald für das Fach der medizinischen Chemie habilitiert. In seiner Antrittsvorlesung behandelte derselbe das Thema: „Die Chemie im Dienste der Medizin."

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 38. 23. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die durch X-Strahlen verursachte Entladung eines Kondensators.

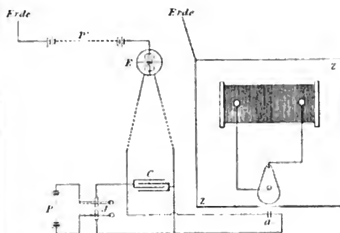
Von Filippo Campanile und Giuseppe di Ciomme.

Es ist bekannt, dass die Abnahme des Potentials bei der spontanen Entladung eines Kondensators mit dem Potential der Ladung geringer wird; andrerseits weiss man, dass die Wirkung der X-Strahlen auf die Entladung eines elektrisch gemachten Körpers mit dem Potential der Ladung geringer wird; doch giebt es unseres Wissens keinerlei Untersuchungen, welche feststellen, ob die Abnahme bei den beiden oben genannten Arten von Entladungen gleichen Verlauf habe, nämlich ob die Entladung, die bei X-Strahlen in Folge der von der Luft angenommenen Leitungsfähigkeit vor sich geht, mit der Art der Entladung vergleichbar ist, die durch den natürlichen Verlust durch die Luft selbst und durch die Stützen verursacht wird. Um zu der Lösung dieser Frage beizutragen, haben wir im ersten Teile dieses Aufsatzes die Entladung zwischen zwei Oberflächen untersucht, welche den X-Strahlen ausgesetzt und im Nebenschluss zu den Belegungen eines Kondensators gelegt sind, dessen Ladungspotential verändert wird. Im zweiten Teile wird uns die Entladung zwischen zwei Oberflächen bei veränderter Kapazität des Kondensators beschäftigen.

I.

Entladung eines Kondensators durch zwei Oberflächen, die im Nebenschluss zu seinen Belegungen liegen, und den X-Strahlen bei veränderlichem Potential ausgesetzt sind.

Die experimentelle Anordnung wird durch folgende Figur deutlich werden:



P bedeutet eine Batterie von 40 kleinen Daniellschen Elementen, die auf Paraffin isoliert sind.

I = doppelter Feder-Unterbrecher.

C = Kondensator (Paraffin Mikro-Farad von der Firma Elliot), die kleinste Unterabteilung beträgt 0,05 mf.

E = Quadrant-Elektrometer mit magnetischer Dämpfung von Villari.[1])

P' = Batterie von 100 Voltaschen Elementen, auf Paraffin isoliert; der eine Pol befindet sich am Zeiger von E, der andere an der Erde.

a = Oberflächen, die den X-Strahlen ausgesetzt sind; sie sind in Nebenschluss mit den Belegungen des Kondensators und mit dem Elektrometer[2]) verbunden.

1) Der Zeiger dieses Elektrometers besteht aus drei parallelen Nadeln, eine innen, zwei aussen am Quadrantenpaare; sie werden durch einen Aluminiumfaden getragen und hängen an einem sehr feinen Silberfädchen. Unten tragen sie ein Aluminiumeimerchen, welches sich zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten dreht. Dieses Elektrometer ist ausreichend aperiodisch und bequem im Gebrauch.

2) Bei einigen Versuchen bestanden die Oberflächen, die den X-Strahlen ausgesetzt wurden, aus zwei Kupferspitzen, die auf Paraffin isoliert waren, die X-Strahlen wurden von einem Brennpunkt ausgesandt; bei anderen Versuchen aus zwei Blech-

zz = Metallkasten, in welchem die Röhre, welche die X-Strahlen aussendet, sowie alle zur Erzeugung der X-Strahlen gehörigen Apparate enthalten sind, einbegriffen die Akkumulatoren, welche die Induktionsspule treiben. Dieser vollständig geschlossene Kasten ist mit der Erde in Verbindung gebracht; so sind Elektrometer und Kondensator vor den störenden Einflüssen der Crookesschen Röhre und der Induktionen geschützt, wovon wir uns übrigens während der Versuche stets überzeugten. In der dem Elektrometer und dem Kondensator entgegengesetzten Kastenseite befindet sich ein Loch von 10 cm Durchmesser, welches durch ein Aluminium-Plättchen von 0,3 mm Dicke verschlossen ist; vor diesem werden die Oberflächen a exponiert.

Wir lassen nun J herab, nachdem wir bei P die passende Zahl von Elementen eingeschaltet haben; C wird bis zu einem Potential geladen, das mit E gemessen wird; steht nun der Zeiger von E ruhig, so wurde J aufgehoben, derart, dass nach Ausschaltung der Batterie der isolierte Kondensator in Nebenschluss mit den Oberflächen a und mit dem Elektrometer bleibt, mit welchem das Sinken des Potentials, welches durch natürlichen Verlust und durch die Einwirkung der X-Strahlen auf a entsteht, gemessen wird.

Wir haben diese Operationen bei verschiedenen Potentialen wiederholt.

Vielleicht ist es nützlich, hier zu bemerken, dass das Quadranten-Elektrometer wegen seiner grossen Empfindlichkeit ganz besonders für Messungen bei niedrigen Potentialen geeignet ist. Zwar erfahren wir, wenn wir das Sinken des Potentials nach dem Zurückgehen der Nadel bemessen, streng genommen nicht genau das Richtige. Die Nadel besitzt nämlich eine gewisse Trägheit, wenn sie sich in Bewegung setzt, und zeigt während des Zurückgehens eine geringe Beschleunigung (die Wirkung ist gering, weil das Elektrometer mit magnetischer Dämpfung versehen ist). Übrigens haben wir durch verschiedene Versuchsanordnungen den ersten dieser Fehler auszugleichen und den zweiten so viel als möglich zu verringern gesucht, wie man in der Folge sehen wird.

Nun kommt zu der Bewegung der Nadel, welche dem natürlichen Sinken des Potentials entspricht, noch der Einfluss der entladenden Wirkung der X-Strahlen; es könnte daher notwendig scheinen, die Zeit zu bestimmen, in welcher die X-Strahlen zu wirken anfangen; festzustellen, ob dieselben schon vor der Messung und um wieviel vor der Messung des Potentialabfalles, oder ob sie gleichzeitig mit der Messung anfangen, ihren Einfluss auszuüben, damit die oben beschriebene Verzögerung und Beschleunigung die Resultate der durch die X-Strahlen verursachten Entladung nicht stören. Diese letzte Bemerkung kann durch den Umstand um so gerechtfertigter erscheinen, dass wir besonders bei den höchsten Potentialen ein Zögern vor dem Rückgang der Nadel festgestellt haben; zuweilen schien es sogar, als wollte sie bei Beginn der Wirkung der X-Strahlen wieder in die Höhe gehen. Wir behalten uns vor, den Grund dieser letzten Erscheinung in einem späteren Aufsatz zu erklären. Um jetzt beim Gegenstand zu bleiben, können wir sogleich sagen, dass die Resultate, obwohl wir in der verschiedensten Weise vorgingen, das heisst, indem wir die X-Strahlen bedeutend vor oder gleichzeitig mit der Messung wirken liessen, in ihrer Gesamtheit unter sich nicht abweichen, wie wir bald zeigen werden. Hieraus kann man schliessen, dass obwohl beim Rückgang der Nadel die obengenannten Anomalien vor sich gehen, dieselben sich doch in den Grenzen der Messungen in gewisser Weise kompensieren. In den folgenden Tabellen ist die Abnahme des Ladungspotentials bei der Veränderung seines Wertes auf die Zeiteinheit bezogen (Sekunde); wir nennen sie daher unitarische Abnahme. Um dieselbe zu bestimmen, wäre die einfachste Methode gewesen, die Zeit zu messen, die der Zeiger brauchte, um eine gewisse Zahl n von Teilstrichen der Skala bei verschiedenen Potentialen herabzugehen, entweder bei der rein spontanen Entladung, oder bei dieser zusammen mit der durch die X-Strahlen bewirkten, um aus den aufeinander folgenden Zeitmaassen die unitarische Abnahme zu entnehmen, wie in kurzem gesagt werden wird. Aber dieser Methode haftet folgender Mangel an: sie hätte zur Bestimmung von allzu kleinen Zeiträumen bei hohen Potentialen und von allzu grossen bei niedrigen Potentialen geführt. Wir haben deshalb folgende Methode angewandt: wir haben bei einem gewissen Potential und in einer gewissen Zeit t[1]) die Teilstriche, die der Zeiger sank, bestimmt, sodann bestimmten wir die Zeit t, die der Zeiger brauchte, um dieselbe Abnahme n zu erreichen, wenn zu der Wirkung der spontanen Entladung noch die durch die X-Strahlen hervorgerufene hinzukam. Nehmen wir nun an, dass innerhalb der Grenzen der Messungen Proportionalität zwischen den Zeiträumen und den Abnahmen des Potentials besteht, so geht, ohne merklichen Irrtum, daraus hervor, dass

scheiben von 6,5 × 9,5 cm Grösse, die gleichfalls auf Paraffin isoliert und etwa 2 cm von einander entfernt waren. Die Scheiben standen parallel zur Ausbreitung der X-Strahlen, die von einer birnförmigen Crookesschen Röhre ausgingen.

1) Die Zeiträume sind mittels eines Sekundenstechers von der Firma Bréguet berechnet, der den 5. Teil einer Sekunde angiebt, und den 10. abzuschätzen gestattet.

$$\frac{n}{t} \qquad 1)$$

die unitarische Abnahme darstellt, die bei jenem Potential der spontanen Entladung zuzuschreiben ist, und dass

$$\frac{n - \frac{n}{t}\, t_1}{t_1} \qquad 2)$$

die unitarische Abnahme, die allein der Wirkung der X-Strahlen zu verdanken ist, ausdrückt.

Die Formel 2) hat zur Voraussetzung, dass die spontane Entladung, wenn die nächste Messung bei Einwirkung der X-Strahlen geschieht, nicht verändert ist.

Um auch unvermeidlichen Variationen Rechnung zu tragen, wurde nach der zweiten Messung noch eine dritte vorgenommen, durch welche die Zeit t' bestimmt wurde, in welcher die Abnahme n durch spontane Entladung erreicht wurde, und in den Formeln 1) und 2) wurde für t das Mittel von t und t' eingesetzt.

Den Verlauf der unitarischen Abnahmen bei spontaner und bei nur durch X-Strahlen bewirkter Entladung kann man aus folgenden Tabellen ersehen, welche wir aus einer grossen Reihe von Messungen ausgewählt haben.

Tabelle I.

α) Nachdem der Zeiger von E mit dem — Pol von F' geladen ist, werden die X-Strahlen gleichzeitig mit der Messung ausgesandt. Die aufeinander folgenden Potentiale werden dadurch erzielt, dass C jedes Mal mit einer geeigneten Zahl von Elementen von P geladen wird.

Tabelle II.

Nachdem der Zeiger von E mit dem + Pol von P geladen ist, wirken die X-Strahlen wie bei den Maassen von Tabelle I.

Man kann hieraus ersehen, dass die unitarischen Abnahmen, wie das auch zu erwarten ist, mit dem Potential abnehmen; die Abnahme geht bei der spontanen Entladung aber schneller vor sich als bei der nur durch X-Strahlen verursachten Entladung. Man kann dies aus dem Vergleich der Verhältniszahlen auf derselben Horizontale in Spalte 7 und 8 ersehen.

Wir machen darauf aufmerksam, dass mit einigen seltenen Ausnahmen[1]) die Verhältniszahlen von Spalte 7 und 8 vom höchsten Potential an nach dem niedrigsten hin steigen.

Tabelle III.

β) Nachdem der Zeiger von E — geladen ist, werden die X-Strahlen bei den verschiedenen Potentialen 5 Teilstriche vor der Messung ausgesendet.

Wie man sieht, weichen die Resultate dieser Tabelle nicht von den in der I. und II. Tabelle aufgeführten ab. Der Kürze halber führen wir

1) Ausser den unvermeidlichen Störungen am Elektrometer muss das eine oder andere von den abweichenden Resultaten der nicht exakten Gleichmässigkeit in der Aussendung der X-Strahlen bei Anwendung von Spulen mit gewöhnlichen Unterbrechern zugeschrieben werden.

Tabelle I.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 279,2	20,8	2′00″ / 2′24″,2	1′39″	0,158	0,0524				
						1,40	1,18		
Von 250 bis 236,5	13,5	2′00″ / 1′59″	1′25″,8	0,1129	0,0444				
						1,88	1,35		
Von 150 bis 142,8	7,2	2′00″ / 2′2″	1′17″,8	0,0595	0,0329				
						1,51	1,32	17,6	7,9
Von 100 bis 94,9	5,1	2′00″ / 2′16″,2	1′19″,8	0,039	0,025				
						2,31	1,95		
Von 50 bis 48	2	2′00″ / 1′58″	1′7″,2	0,017	0,0128				
						1,93	1,85		
Von 25 bis 23,9	1,1	2′00″ / 2′8″,8	1′10″	0,0088	0,0069				

die Resultate, die beim + geladenen Zeiger erzielt worden, hier nicht auf.

Tabelle IV.

γ) Der Zeiger von *E* wird + geladen; wir lassen die X-Strahlen eine gewisse Anzahl von Teilstrichen vor dem Messungspotential wirken, sodass ihr Einfluss bei den verschiedenen Potentialen und vor den respektiven Messungen während derselben Zeit thätig ist. Die

Tabelle II.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 200 bis 183	17	2'00" / 2'5",4	1'31"	0,139	0,048				
						1,10	0,94		
Von 170 bis 156,2	13,8	2'00" / 1'57"4	1'21",6	0,117	0,052				
						1,18	1,13		
Von 145 bis 133	12	2'00" / 2'3",6	1'22",8	0,099	0,046				
						1,32	1,02		
Von 110 bis 101	9	2'00" / 1,59",4	1'14",9	0,075	0,045			6,43	2,82
						1,34	1,36		
Von 80 bis 73	7	2'00" / 2'8",4	1'18",6	0,056	0,033				
						1,37	1,27		
Von 58 bis 52,7	5,3	2'00" / 2'14"6	1'18"	0,041	0,026				
						1,90	1,53		
Von 30 bis 27,4	2,6	2'00" / 2'00"4	1'9",2	0,0216	0,017				

Tabelle III.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 256,2	43,8	2'00" / 2'5",2	1'42",2	0,357	0,0713				
						1,20	1,05		
Von 250 bis 214	36	2'00" / 2'3"	1'38",8	0,296	0,068				
						1,28	1,18		
Von 200 bis 172,5	27,5	2'00" / 1'58"2	1'35",2	0,231	0,0579				
						1,35	1,21		
Von 150 bis 129,2	20,8	2'00" / 2'2",6	1'34",8	0,171	0,0479			15,4	8,2
						1,55	1,50		
Von 100 bis 87	13	2'00" / 1'55",8	1'31",4	0,110	0,0319				
						2,12	1,62		
Von 50 bis 44,2	5,8	2'00" / 1'49"	1'22",4	0,0506	0,0197				
						2,19	2,26		
Von 25 bis 22,3	2,7	2'00" / 1'54",2	1'25"	0,0231	0,0087				

Teilstriche wurden durch vorläufige Versuche bestimmt. Der Kürze halber bringen wir die Resultate, die sich auf solche Potentiale beziehen, die durch die Teilstriche 300, 200 und 100 der Skala angegeben sind.

Da die spontane Entladung bei diesen letzten Messungen sehr viel rascher vor sich geht als bei den vorhergehenden, so wurde die Zeit t der Formeln 1) und 2) auf 30″ an Stelle von 2′ herabgesetzt.

δ) Da man bei allen vorhergehenden Messungen den Kondensator und folglich das Quadrantenpaar dreimal hinter einander für eine auf das gleiche Potential bezügliche Messung laden muss, so entsteht an dem Faden, an welchem der Zeiger hängt, besonders bei grossen Abweichungen eine zeitweise Deformation; ehe man zur nächsten Messung vorschreitet, muss sich der Faden vollständig zurückdrehen, was einen so grossen Zeitverlust mit sich bringt, dass man wegen der Veränderlichkeit der äusseren Bedingungen und der Wirksamkeit der Crookesschen Röhre keine schnellen und in den äussersten Grenzen unter einander vergleichbaren Messungen ausführen kann. Um sie vergleichsfähig zu machen, machten wir bei der vorher beschriebenen Methode die Messungen derart, dass sie von hohen Potentialen ausgingen und zu niedrigen fortschritten und umgekehrt; die obigen Resultate sind stets das Mittel aus beiden Serien. Man kann aber eine einfachere Methode benutzen, mittels welcher man den angedeuteten Störungen, die bei Beginn der Thätigkeit der Crookesschen Röhre und weiterhin auftreten, vorbeugt, sodass der Zeitraum zwischen den auf einander folgenden Messungen abgekürzt wird; diese werden unter einander vergleichbar, ohne dass man aufsteigende Serien zu machen braucht, welche hierbei überdies nicht ausgeführt werden könnten.

Der Kondensator wird bis zu einem Potential geladen, das bedeutend grösser als das höchste der Serie ist, und nun beobachtet man nacheinander gemäss dem oben Gesagten die Abnahmen der Potentiale, welche von dem vorher festgesetzten Werte aus gerechnet in gleichen Zeiten erfolgen. Bei den mit X-Strahlen gemachten Messungen liessen wir diese bedeutend vor der Messung wirken, damit der Zeiger bei seinem Rückgange sein konstantes Verhalten annahm. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle IV.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit		Unitarische Abnahme		Successive Verhältniszahlen		Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme	
		ohne X-Str.	mit X-Str.	spontane Entladung	Entlad durch die X-Str	spontane Entladung	Entlad durch die X-Str.	spontane Entladung	Entlad durch die X-Str.
Von 300 bis 270	30	30″ 31″	28″	0,984	0,0878				
						1,55	1,13		
Von 200 bis 187	13	30″ 30″,8	27″,1	0,635	0,0773			3,28	1,57
						2,12	1,38		
Von 100 bis 91,1	8,9	30″ 29″,3	25″	0,300	0,0558				

Tabelle V.

Da wir mit dieser Methode sehr viele auf einander folgende Messungen mit kurzen Intervallen zwischen einander machen mussten, und da der Rückgang der Nadel bei den höchsten Potentialen sehr schnell geschieht, so haben wir die Zeit t nicht genau konstant halten können, weil der Schätzungsirrtum der Teilungen n nicht zu vermeiden gewesen wäre. Da wir aber doch die Zeit t (25″) nahezu konstant in den verschiedenen Serien erhielten, schien es uns gut, für die erste von ihnen die Zeit des Sinkens durch eine ganze Anzahl von Teilstrichen zu bestimmen. Zu dem Zweck zählte einer von uns, indem er den Chronograph ansah, mit lauter Stimme die Sekunden, so dass der Beobachter am Elektrometer das Passieren eines bestimmten Teilstriches der Skala vor dem Fadenkreuz des Fernrohres registrieren konnte, wenn die Zeit t nahe an der als Mittel festgestellten Zeit war.

Da bei dieser letzten Methode die Crookessche Röhre lange Zeit hindurch wirkt, und man nicht, wie schon vorhin gesagt ist, aufsteigende Serien machen kann, so könnte der Zweifel entstehen, ob etwa die Crookessche Röhre in der Zeit ihrer Thätigkeit kräftiger würde, ob sie etwa gerade bei niedrigen Potentialen eine grössere Wirksamkeit entfaltete. Um zu beweisen, dass, wenn dieses auch geschieht, die Erscheinung, von der wir oben sprachen, doch bestehen bleibt, haben wir die Messungen bei allen Potentialen noch einmal gemacht, und nachdem der Kondensator neu geladen war,

haben wir die Messung nur bei dem höchsten Potential vorgenommen. Wir lassen die Resultate folgen, die sich auf die äussersten Potentiale der ersten Serie und auf das höchste Potential der zweiten. beziehen.

Tabelle V.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit ohne X-Str.	Entladungszeit mit X-Str.	Unitarische Abnahme spontane Entladung	Unitarische Abnahme Entlad. durch die X-Str.	Successive Verhältniszahlen spontane Entladung	Successive Verhältniszahlen Entlad. durch die X-Str.	Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme spontane Entladung	Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme Entlad. durch die X-Str.
Von 300 bis 261	39	25″,4 25″,2	23″,8	1,541	0,0971				
						1,18	1,14		
Von 250 bis 216	34	26″ 26″,2	24″,5	1,303	0,0851				
						1,29	1,09		
Von 200 bis 174	26	26″,4 25″,3	24″	1,006	0,0777			7,62	3,98
						1,34	1,17		
Von 150 bis 131	19	25″,2 25″,3	23″,2	0,752	0,0665				
						3,72	2,73		
Von 50 bis 44	6	28″,8 30″,6	26″,5	0,202	0,0244				

Tabelle VI.

Entladung nach Teilstrichen	Werte von n	Entladungszeit ohne X-Str.	Entladungszeit mit X-Str.	Unitarische Abnahme spontane Entladung	Unitarische Abnahme Entladung durch die X-Str.	Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme spontane Entladung	Verhältnis zwischen erster und letzter unitarischer Abnahme Entladung durch die X-Str.
Von 300 bis 272	28	26″,8 25″,6	23″,1	1,0687	0,143		
						8,62	6,11
Von 50 bis 46	4	31″,4 33″,2	27″,1	0,124	0,0234		
						8,65	6,58
Von 300 bis 273	27	25″,1 25″,2	22″	1,073	0,154		

Bei allen vorhergehenden Messungen war die Kapazität des Kondensators 0,05 m. f.; die Empfindlichkeit des Elektrometers war so gross, dass man mit 4,5 Volt eine Ablenkung von 90 Teilstrichen der Skala erhielt.

Resultate.

1. Die Entladungen zwischen zwei Oberflächen, die im Nebenschluss mit den Belegungen eines Kondensators sich befinden, haben bei verschiedenen Potentialen einen anderen Verlauf, wenn die Entladung nur durch natürlichen Verlust, als wenn sie nur durch den Einfluss der X-Strahlen hervorgerufen wird; die erste Entladung ist stärker als die zweite.

2. Obwohl die X-Strahlen mit dem Sinken des Potentials abnehmende Mengen entladen, so werden sie doch im Vergleich zur spontanen Entladung in dem Masse wirksamer, als das Potential geringer wird.[1])

3. Mit einigen seltenen Ausnahmen wachsen die Verhältniszahlen zwischen den auf einander folgenden unitarischen Abnahmen, die sich auf gleich weit abstehende Potentiale beziehen, bei beiden Entladungsarten mit dem Sinken des Potentials.

II.

Entladung eines Kondensators durch zwei Platten, die, im Nebenschluss mit seinen Belegungen, den X-Strahlen ausgesetzt werden, während die Kapazität geändert wird.

Sind die vorstehenden Resultate gegeben, so ist es wichtig, die Beziehung der beiden

1) Um sich hiervon zu überzeugen, genügt es, die Zahlen auf derselben Horizontale der Reihen 6 und 5 von allen aufgeführten Tabellen zu vergleichen.

Entladungsarten (der spontanen und der durch die X-Strahlen) zwischen zwei gegebenen Werten des Potentials bei Veränderung der Kapazität des Kondensators zu prüfen. Die experimentelle Anordnung dabei ist die gleiche wie bei den vorhergehenden Versuchen. Doch wurde der Kondensator mit Luftschichten von Ayrton und Perry verwandt; dieses war nötig, weil es scheint, als ob die Erscheinungen, von denen wir reden wollen, sich besonders bei geringen Kapazitäten feststellen lassen. Die bei den Messungen befolgte Methode ist im Grunde dieselbe wie die vorhin angewandte; da wir aber stets zwischen zwei gegebenen Grenzen des Potentials experimentieren mussten, so war es nötig, mit alternierenden Messungen die Zeiten der Entladung zu bestimmen, um die oben genannte Abnahme mit und ohne X-Strahlen zu erhalten. Grosse Sorgfalt forderte die Verwendung des Luftkondensators, will man nicht ungewöhnlich grosse spontane Verluste erleiden, besonders damit man dieselben unter einander vergleichen kann, je nachdem man mehr oder weniger kondensierende Platten einschaltet.

Wir geben hier ohne Weiteres die Resultate, welche das Mittel der gefundenen Werte sind; in der folgenden Tabelle sind dieselben bei zunehmender und abnehmender Kapazität zusammengefasst. Entladung von Teilstrich 160 bis Teilstrich 140; die X-Strahlen wirken 70 Teilstriche vor der Messung; die den X-Strahlen exponierten Flächen sind zwei Scheiben, die in einem Abstand von 2 cm[1]) angebracht sind. Da die Kondensatoren, welche die auf einander folgenden Kapazitäten liefern, alle unter völlig gleichen Bedingungen hergestellt sind, so ist ihre Kapazität der Zahl n der kondensierenden Scheibenpaare proportional, wovon wir uns übrigens besonders überzeugt haben.

Um eine Vorstellung von der Grösse der bei den Versuchen benutzten Kapazitäten zu geben, sagen wir, dass die durch 12 Scheibenpaare hervorgebrachte gleich der Kapazität von 0,013 m. f. ist.

Zahl der kondensierten Scheibenpaare	Unitarische Abnahme		Produkte	
	ds spontane Entladung	dx Entlad. durch die X-Str.	$n.ds$	$n.dx$
1	1,455	7,655	1,455	7,655
2	0,778	3,776	1,556	7,552
3	0,623	2,088	1,869	6,204
4	0,583	1,285	2,332	5,140
6	0,435	0,960	2,610	5,760
9	0,363	0,663	3,267	5,967
12	0,305	0,518	3,660	6,216

1) Unsere experimentelle Anordnung bestätigte die Beobachtung von Prof. Righi (R. Acc. Sc. Bologna, Serie V, Tomo VI), dass die entladende Wirkung der X-Strahlen mit der Entfernung der ihnen exponierten Scheiben wechselt, und bei einer gewissen Grösse der Entfernung ein Maximum erreicht. Bei uns war dazu eine Entfernung von 2 cm erforderlich.

Resultate.

Wären bei verschiedenen Kapazitäten die X-Strahlen gleichmässig wirksam (indem sie dieselbe Elektrizitätsmenge entladeten), so müssten die Produkte $n\,\delta$ konstant sein. Aus unserer Arbeit geht jedoch hervor, dass bis zu einer gewissen Grösse der Kapazität diese Produkte geringer (bei unserer experimentellen Anordnung 4 Kondensatoren), dann mit dem Wachsen der Kapazität langsam grösser werden. Es wäre interessant, mit grösseren Kapazitäten als 0,013 m. f. zu experimentieren, um zu sehen, ob bei einer gewissen Grösse das Anfangsprodukt wieder erreicht wird und bei welcher Grösse dies geschieht; aber die praktischen Schwierigkeiten beim Verwirklichen von grossen Kapazitäten mit Luftplattenkondensatoren haben uns jetzt verhindert, die vollständige Lösung des Problems zu finden.

Für jetzt können wir nur sagen:

1. Die Entladung durch zwei Scheiben, die in Nebenschluss mit den Belegungen eines Kondensators gebracht und dem Einflusse der X-Strahlen ausgesetzt sind, ist bei verschiedenen Kapazitäten eine ungleiche;

2. die Entladung, die bei kleinen Kapazitäten gross ist, nimmt mit der Vergrösserung derselben ab, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, von der an sie wieder langsam grösser wird.

Neapel, Phys. Inst. der Kgl. Universität, 15. Mai 1900.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 19. Mai 1900.)

Über eine schraubenförmige Entladung des Induktionsfunkens in einer mässig evakuierten Glasröhre.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Herr Direktor Archenhold von der Treptow-Sternwarte hatte sechs Geisslerröhren mit verschieden starker Evakuierung anfertigen lassen, um den Einfluss des Druckes in solchen Röhren auf die Entladungsform des Induktionsfunkens zu demonstrieren. Die Röhren wurden senkrecht stehend in einem Gestell nebeneinander montiert und hintereinander in denselben Stromkreis geschaltet. Ich bemerkte, dass eine der Röhren und zwar jene mit dem grössten Druck, unter Umständen eine auffällige Entladungsform zeigte, indem sich ein rot leuchtendes Band in Form einer Schraubenlinie bildete, das sich zugleich drehte, derart, dass

diese Schraube sich von einem Ende der Röhre nach dem andern hin fortzuschrauben schien. Welche Ursachen dieser eigentümlichen und sehr auffallenden Erscheinung zu Grunde lagen, konnte ich zunächst nicht feststellen, da es trotz vielfacher Wiederholung des Versuchs nicht gelang, dieselbe Erscheinung nochmals hervorzurufen.

Ich erinnere mich, dass Herr Wehnelt bei einem Vortrage über seinen Unterbrecher in der Deutschen physikalischen Gesellschaft erwähnte, dass von ihm eine „wellenförmig flutende Bewegung" in einer luftverdünnten Röhre beobachtet worden sei,[1]) eine Mitteilung, die damals unter den Anwesenden lebhaftes Interesse hervorrief, ohne dass jedoch eine bestimmte Erklärung oder auch nur genaue Beschreibung des Phänomens gegeben werden konnte.

Vor kurzem trat, anlässlich einer Demonstration jener Röhren die interessante Erscheinung der Schraubenlinie in der Röhre wieder auf und zwar in derart auffälliger Weise, dass ich veranlasst wurde, mich neuerdings damit zu beschäftigen.

Die Bedingungen, unter denen diese eigentümliche Entladungsform einzutreten pflegt, sind durch zahlreiche Experimente ermittelt und im folgenden mitgeteilt.

Die benutzte Glasröhre hat 4 cm im Durchmesser und ist etwas über 1 m lang. An ihren Enden sind Platindrähte eingeschmolzen, welche brennspiegelartig geformte runde Aluminiumscheiben von 28 mm Durchmesser als Elektroden tragen.

Die Evakuierung der Röhre ist derart, dass zwischen Platte und Spitze eines 30 cm Induktors bei Parallelschaltung dieser Luftstrecke mit der Röhre auf ca. 15 cm Entfernung gerade noch Funken überspringen, während bei einer nur geringen Vergrösserung der Luftstrecke die Entladung durch die Röhre erfolgt.

Diese Entladung zeigt sich zunächst bei Benutzung des durch Wehnelt-Unterbrecher bei 110 Volt Betriebsspannung betriebenen Induktors in Form eines etwa fingerdicken roten Streifens, der sich in der Mitte der Röhre von einem Pol zum andern in fast gerader Linie hinzieht. Wird die Stromstärke durch allmähliches Einschalten von Widerstand vermindert, so geht die Entladungsform in eine büschelartige, mit nur wenigen, einzelnen hellleuchtenden blauen Funken untermischte über, die sich indessen nicht mehr in der Mittelaxe der Röhre, sondern von dem Rande der Elektrodenscheiben nach der Wand der Glasröhre hin und an dieser oder in der Nähe derselben am Glase entlang nach der andern Elektrode hin vollzieht. Umfasst man in diesem Zustande die Röhre, etwa in ihrer Mitte, mit der Hand und hält sie senkrecht so, dass der positive Pol oben ist, so geht die büschelförmige periphere Entladung wieder in die zentrale, rote, bandartige zurück, jedoch mit dem Unterschiede, dass das rote Band nicht mehr in einer geraden Linie zwischen den Elektroden übergeht, sondern nach einigen Schwankungen in einer ziemlich regelmässigen Schraubenlinie, die zugleich um ihre Axe (Mittellinie der Röhre) langsam rotiert, so dass die Schraube von oben nach unten fortschreitet.

Nachdem die Erscheinung eingetreten ist, kann man die Hand ruhig entfernen, ohne dass dadurch etwas geändert wird.

Der Durchmesser des Cylinders, um den man sich die Schraubenlinie gewickelt denken kann, ist etwa $2\frac{1}{2}$ cm und erfolgt die Windung des Schraubenganges von oben gesehen links herum. Es kommt aber vor, dass der erwähnte Cylinderdurchmesser nur $\frac{1}{2}$—1 cm beträgt, die Schraube von kleinerem Durchmesser und steilem Gang sich mehr in der Mitte der Röhre befindet, alsdann sind die Windungen der Schraube von oben gesehen anscheinend rechtsgängig.

Die Steigung der Schraube beträgt etwa 12—15 cm, man sieht also mehrere ganze Umwindungen zu gleicher Zeit. Diese Windungen stehen nicht still, sondern sie schreiten langsam von oben nach unten fort.

Die beobachtete Schraubenbewegung ist also

1. bei der Schraubenlinie von grossem Durchmesser diejenige eines nach rechts herumgedrehten Linksgewindes,
2. bei der Schraubenlinie von kleinem Durchmesser diejenige eines nach links herumgedrehten Rechtsgewindes.

Beide Drehungen erfolgen etwa einmal in der Sekunde, d. h. die von der Seite als Sinuslinie gesehene Schraubenlinie schreitet als Welle von oben nach unten hin fort und braucht ca. 7 Sekunden, um 1 m zurückzulegen.

Die Erscheinung ist überraschend und überaus prachtvoll.

Es ist zu bemerken:

1. Die Erscheinung verschwindet (geradlinige Entladung tritt ein), sobald man die Röhre aus der senkrechten Stellung in eine wagerechte Lage bringt, tritt aber wieder ein, sobald man die Röhre wieder in die senkrechte Lage zurückbringt.
2. Die Erscheinung tritt sehr schwer und nur andeutungsweise ein, wenn man die untere Elektrode zur positiven macht.
3. Während des Bestehens der schraubenförmigen Entladungsform geht dies Funkenband nur von zwei bestimmten Punkten der Elektroden aus, nicht etwa, dass der Funken-

1) Vgl. auch: A. Wehnelt, Wied. Ann. 68, S. 268.

strom um den Rand der scheibenförmigen Elektroden herumläuft und so, wie man glauben könnte, diese schraubenförmige Drehung des Entladungsbandes veranlasst.

4. Die Steigung der Schraube hängt von der Stromstärke resp. Unterbrechungszahl ab.

Eine ausführliche Beschreibung und Erklärungsversuch soll auf Grund auszuführender kinematographischer Aufnahmen der interessanten Erscheinung einer späteren Mitteilung vorbehalten bleiben; es mag nur mitgeteilt werden, dass die Erscheinung hauptsächlich durch den spiralig in der Röhre aufsteigenden warmen Luftstrom herbeigeführt werden dürfte.

(Eingegangen 5. Juni 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die flüssigen Krystalle.

Von Rudolf Schenck.

Die von O. Lehmann im Jahre 1888 entdeckten „flüssigen Krystalle oder krystallinischen Flüssigkeiten" sind während der letzten Jahre von verschiedenen Seiten untersucht worden. Die Arbeiten darüber sind zu einem gewissen Abschlusse gekommen und die Möglichkeit einer zusammenfassenden Darstellung des Gebietes ist gegeben. Einer Anregung der Redaktion dieser Zeitschrift folgend, unterziehe ich mich der Aufgabe, die Ergebnisse der seither ausgeführten Untersuchungen über diesen merkwürdigen flüssigen Zustand im Zusammenhange mitzuteilen.

Der Körper, bei welchem eine krystallinisch flüssige Modifikation zuerst beobachtet wurde, ist der Benzoësäureester des Cholesterins. Reinitzer[1]) fand bei der Untersuchung dieses Stoffes Erscheinungen, welche bis dahin ohne jedes Analogon dastanden. Das Cholesterylbenzoat ist ein bei gewöhnlicher Temperatur fester, in schönen farblosen Blättchen krystallisierender Körper, er schmilzt bei 145,5° zu einer trüben Masse und diese klärt sich plötzlich bei 178°. „Die Substanz zeigt zwei Schmelzpunkte, wenn man sich so ausdrücken darf".[2]) Beim Abkühlen spielt sich der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge wieder ab.

Noch viel merkwürdigeres förderten die Untersuchungen O. Lehmanns zu tage. Mit Hülfe des Krystallisationsmikroskopes stellte er fest, dass der trübe Schmelzfluss bei gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld aufhellt, dass er also doppelbrechend ist, eine für Flüssigkeiten damals unerhörte Thatsache.

Es gelang ihm weiter, Tröpfchen dieser doppeltbrechenden Flüssigkeit in einem Medium gleicher Dichte zu suspendieren. Diese Tröpfchen zeigten unter gekreuzten Nicols das Bild, welches man bei Sphärokrystallen zu sehen gewöhnt ist, das charakteristische schwarze Kreuz.

Das Cholesterylbenzoat blieb nicht der einzige Stoff, bei welchem doppeltbrechende Schmelzflüsse auftraten, auch andere Derivate, das Acetat und das Propionat zeigen dieselbe Modifikation, und ebenso einige Abkömmlinge des Hydroceratins, eines Stoffes, welcher dem Cholesterin in Zusammensetzung und Verhalten sehr nahe steht. Sehr viel leichter zugänglich sind die zuerst von Gattermann[1]) dargestellten Azoxykörper, das *p*-Azoxyanisol und das *p*-Azoxyphenetol, sie zeigen die Erscheinungen vielleicht noch klarer als die oben genannten Körper und sind deshalb zu Studien über die beschriebenen Phänomene ganz besonders geeignet.

Die optische Untersuchung ergab die Existenz von Flüssigkeiten, welche mit Eigenschaften ausgestattet sind, die sich sonst nur bei krystallisierten Körpern vorfinden. Diese Thatsachen haben Lehmann[2]) bewogen, für die anisotropen Flüssigkeiten die Namen „fliessende Krystalle, flüssige Krystalle oder krystallinische Flüssigkeiten" in Anwendung zu bringen. Er fasst sie auf als Krystalle von sehr geringer Festigkeit, welche schon unter dem Einfluss der Erdschwere ihre Gestalt verändern. Diese Anschauung setzt voraus, dass die Stoffe chemisch einheitliche sind.

Diese Auffassung der flüssigen Krystalle blieb nicht die einzige. Bei ölsauren Salzen, welche sich in Berührung mit wässrigem Alkali befinden, kann man optische Erscheinungen beobachten, welche mit den beschriebenen eine grosse Ähnlichkeit besitzen. Eine feine Ölsäurehaut überzieht die Krystallpartikelchen der Oleate und bedingt deren eigenartiges

1) Monatsschrift für Chemie 9, 435 (Wien, 1888).
2) cf. Z. f. phys. Chem. 4, 468 (1889).

1) Ber. d. Deutschen Chem. Ges. 23, 1738.
2) Z. f. phys. Chem. 4, 462; 5, 427; Ber. d. D. chem. Ges. 23, 1745; Wied. Ann. 40, 401; 56, 784.

Verhalten. G. Quincke[1]) schliesst daraus, dass die ähnlichen optischen Erscheinungen der flüssigen Krystalle durch ähnliche Ursachen hervorgerufen seien. „Alle Erscheinungen erklären sich durch eine dünne Flüssigkeitsschicht, die von der umgebenden Flüssigkeit verschieden und nicht mit dieser mischbar ist, sich aus der erhaltenden, geschmolzenen Masse abgeschieden hat und als flüssige Haut die festen Krystalle umhüllt. Diese dünne Flüssigkeitshaut kann so geringe Dicke haben, dass sie mit einem Mikroskop gar nicht wahrzunehmen ist" . . .

Nach dem optischen Verhalten allein eine Entscheidung für die eine oder die andere Auffassung zu fällen, ist nicht möglich, man muss für die Beurteilung das gesamte übrige Verhalten heranziehen, eingehende Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lehmannsche Auffassung mit den Thatsachen am besten im Einklang steht.

Über das System, in welches diese weichen Krystalle einzuordnen sind, macht Lehmann[2]) einige Angaben, er zählt die bekannten flüssigen Krystalle dem monosymmetrischen System zu, indes scheint es mir vor der Hand etwas gewagt zu sein, bei diesen sphärokrystallinischen Gebilden Schlüsse auf das System zu machen.

Das Verhalten der Krystalltropfen gegen äussere Kräfte hat er ebenfalls zum Gegenstande der Untersuchung gemacht,[2]) im Magnetfelde stellen sie sich in ganz bestimmter Richtung ein. In gleicher Weise hat er eingehende Studien über Deformation, Teilung und Kopulation von Krystalltropfen publiziert.[3]) Die Beschreibung der zahllosen Versuche würde hier zu weit führen, sie müssen in der Abhandlung nachgesehen werden.

Die Auffassung der flüssigen Krystalle als weiche Krystalle von geringer innerer Reibung liess es wünschenswert erscheinen, zahlenmässige Werte über diese Grösse zu besitzen. Die Messungen sind von mir[4]) ausgeführt worden und es hat sich ergeben, dass diese Werte sich ganz den Werten anschliessen, welche wir bei gewöhnlichen Flüssigkeiten zu sehen gewohnt sind. Das krystallinisch-flüssige Cholesterylbenzoat hat etwa die Konsistenz von Olivenöl bei gewöhnlicher Temperatur, während die Zähigkeit des *p*-Azoxyanisols von der Grössenordnung ist, welche die höheren Alkohole z. B. Propylalkohol zeigen, es ist also viel beweglicher. Die innere Reibung nimmt auch hier mit der Temperatur ab.

Setzen wir die Zähigkeit des Wassers bei 0^0 gleich 100, so ergiebt sich für die flüssigen Krystalle von

Cholesterylbenzoat:

für $153,3^0$ eine Zähigkeit von 892,8
„ $169,2^0$ „ „ „ 620,7

und für diejenigen von

p-Azoxyanisol:

für $118,5^0$ eine Zähigkeit von 141,4
„ $121,5^0$ „ „ „ 138,3
„ $131,1^0$ „ „ „ 131,7

Vor einiger Zeit hat Tammann[1]) Versuche publiziert, welche zeigen, dass man Flüssigkeiten durch allmähliche Erniedrigung der Temperatur stetig in amorphe feste Körper überführen kann. Die Zähigkeit der Flüssigkeiten steigt mit abnehmender Temperatur, sie wird schliesslich so gross, dass ein erheblicher Kraftaufwand dazu gehört, eine Formänderung dieser Körper herbeizuführen. In ähnlicher Weise gelingt es, flüssige Krystalle — es handelt sich hier um bisher noch nicht publizierte Versuche des Herrn cand. Schönbeck in Marburg — kontinuierlich in feste überzuführen. Als Beobachtungsmaterial benutzt er das Cholesterylbenzoat. Die krystallinisch flüssige Modifikation dieses Stoffes löst fremde Substanzen auf, durch diese Zusätze wird der Erstarrungspunkt der flüssigen Krystalle bedeutend erniedrigt, so dass man die Möglichkeit hat, die flüssigen Krystalle bei Temperaturen zu beobachten, welche unterhalb des gewöhnlichen Existenzintervalles liegen. Man sieht, wie die Zähigkeit mit sinkender Temperatur wächst, es wird schwer, den Rührer durch die dicke Masse hindurchzubewegen. Bei 130^0 bereits wird die Bewegung unmöglich, die flüssigen Krystalle sind kontinuierlich in feste übergeführt.

Die grosse Beweglichkeit befahigt die flüssigen Krystalle, der Einwirkung von Kräften mit Leichtigkeit zu folgen. Unter der Wirkung der Oberflächenspannung nehmen Tropfen der krystallinischen Flüssigkeiten, welche in einem Medium gleicher Dichte schweben, Kugelform an. In Kapillarröhren steigen sie empor, wie schon Quincke[2]) beobachtet hat. Er erwähnt auch die eigentümliche Erscheinung, welche das krystallinisch flüssige Cholesterylbenzoat zeigt, nämlich eine Zunahme der kapillaren Steighöhe mit steigender Temperatur. Messungen der Oberflächenspannung an *p*-Azoxyanisol, *p*-Azoxyphenetol und Cholesterylbenzoat sind von mir[3]) ausgeführt worden, wir werden weiter unten auf dieselben noch einmal zurückzukommen haben. Die Erklärung für das eigenartige abweichende Verhalten der kapillaren

1) Wied. Ann. 53, 613.
2) Verhandl. der D. Phys. Ges. 2, 74 (1900).
3) Wied. Ann. 40, 412.
4) Z. f. phys. Chem. 27, 167.

1) Z. f. phys. Chem. 28, 17.
2) Wied. Ann. 53, 613.
3) Z. f. phys. Chem. 25, 344.

Steighöhe beim Cholesterylbenzoat wird dort ebenfalls am besten zu behandeln sein.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass feste krystallisierte Stoffe schmelzen können. Es erfolgt der Übergang in den flüssigen Zustand bei einer ganz bestimmten Temperatur, dem sogenannten Schmelzpunkt. Auch bei den flüssigen Krystallen ist ein Analogon des Schmelzpunktes zu beobachten. Bei einer ganz bestimmten Temperatur gehen sie in gewöhnliche Flüssigkeiten über. Diese Umwandlungstemperaturen liegen

für *p*-Azoxyanisol bei 134°
„ *p*-Azoxyphenetol „ 165.5°
„ Cholesterylbenzoat „ 178.5°.

Äusserlich macht sich die Umwandlung dadurch bemerkbar, dass die ursprünglich trübe flüssige Masse plötzlich klar wird. Unter dem Polarisationsmikroskop beobachtet man beim Erwärmen über den Umwandlungspunkt ein plötzliches Isotropwerden der Flüssigkeit, die Doppelbrechung verschwindet.

Und mit der Änderung der optischen Eigenschaften Hand in Hand geht eine plötzliche Änderung in dem gesamten physikalischen Verhalten. Es findet bei der Temperatur des Umwandlungspunktes eine sprungweise Änderung der meisten physikalischen Konstanten der Körper statt, genau so wie wir dies beim Schmelzpunkt zu sehen gewöhnt sind.

Es ändert sich die Dichte. Die Grösse dieser Änderung ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

Beim Umwandlungspunkt beträgt die Dichte für:

	die flüssigen Krystalle	die isotrope Flüssigkeit	Differenz
p-Azoxyanisol	1,1526	1,1481	—0,0044
p-Azoxyphenetol	1,072	1,059	—0,013

Beim Cholesterylbenzoat wird die Dichte noch kleiner, sie wird erst bei Messungen, welche mit grossen Mengen Cholesterylbenzoat ausgeführt werden, genau zu ermitteln sein.

Recht beträchtlich ist die Änderung der Zähigkeit, wie aus dem folgenden hervorgeht:

	flüss. Krystalle	isotrope Flüssigkeit	Differenz
p-Azoxyanisol	128	178	+50
Cholesterylbenzoat	440	420	—20

Die angegebenen Werte sind aus den Messungen extrapoliert. Besonders merkwürdig ist die Thatsache, dass die flüssigen Krystalle des *p*-Azoxyanisols weit beweglicher sind als die zugehörige isotrope Schmelze, obgleich das Beständigkeitsgebiet der ersteren bei tieferen Temperaturen liegt.

Nicht in allen Fällen zeigen die Konstanten der beiden flüssigen Zustände so grosse Differenzen, bei der Messung der Oberflächenspannung z. B. waren Unterschiede mit Sicherheit nicht festzustellen. Das Gleiche gilt auch von der Dielektrizitätskonstanten, deren Bestimmung beim *p*-Azoxyanisol durch R. Abegg[1]) und W. Seitz erfolgte. Sie fanden in der Umgebung des Umwandlungspunktes sowohl oberhalb als unterhalb desselben die D.-E. 4,1.

Dieser Umstand ist von besonderer Bedeutung für die Auffassung der krystallinischen Flüssigkeiten. Aus den Untersuchungen über Dielektrizitätskonstanten von Drude, von Abegg, von Abegg und Seitz ergiebt sich die Regelmässigkeit, dass beim Übergang aus dem festen Aggregatzustand in den flüssigen eine erhebliche Änderung der Dielektrizitätskonstanten erfolgt. Wären die flüssigen Krystalle, der Anschauung von G. Quincke entsprechend, ein Haufwerk von festen Krystallen, welches seine Leichtbeweglichkeit feinen Häutchen fremder Substanzen, welche als Schmiermittel wirken, verdankt, so müsste die Abscheidung der trüben Masse aus dem isotropen Schmelzfluss begleitet sein von einer deutlichen Abnahme der Dielektrizitätskonstanten. Das Fehlen einer solchen Differenz beweist, dass wir es mit einem besonderen eigenartigen Zustande zu thun haben, welcher dem flüssigen sehr nahe steht. Also auch hier ein Umstand, welcher sehr zu gunsten der Lehmannschen Auffassung spricht.

Der Umwandlungspunkt erweist sich in allen Stücken als ein Analogon des Schmelzpunktes. Durch Druck erleidet er eine Verschiebung; da der Umwandlungsprozess mit einer Volumvermehrung verbunden ist, so wird der Umwandlungspunkt durch Druck erhöht. Untersuchungen über die Grösse der Verschiebung verdanken wir Hulett.[2]) Aus den von ihm publizierten Tabellen entnehme ich folgende Werte für den Umwandlungspunkt t, bei dem Drucke p:

Substanz	p	t	$\frac{dt}{dp}$
Cholesterylbenzoat	1 Atm.	178,3°	0,076,
„	320 „	202,6	
p-Azoxyanisol	1 „	135,9	0,0486.
„	300 „	150,45	
p-Azoxyphenetol	1 „	168,1	0,0476.
„	300 „	182,3	

Der Übergang aus dem krystallinisch flüssigen in den isotrop flüssigen Zustand erfolgt unter Wärmeabsorption. Die Umwandlungswärme ist sehr klein, sie ist auf verschiedene Weise bestimmt worden.

1) Z. f. phys. Chem. 29, 491.
2) Z. f. phys. Chem. 28, 640.

Aus der Thomson-Clausiusschen Beziehung

$$\frac{dt}{dp} = \frac{T.(v_1 - v_2)}{\lambda . E}$$

wo λ die Umwandlungswärme,
T die absolute Umwandlungstemperatur,
$v_1 - v_2$ die Differenz der spezifischen Volumina in den beiden Zuständen,
E das mechanische Wärmeäquivalent,
$\frac{dt}{dp}$ die Änderung des Umwandlungspunktes für 1 Atm., bedeutet, lässt sich, da die übrigen Grössen bekannt sind, λ berechnen. Nach seinen Druckmessungen und meinen Dichtebestimmungen hat Hulett die Rechnung durchgeführt und findet für

p-Azoxyanisol	$\lambda = 0{,}71$ cal.
p-Azoxyphenetol	$= 1{,}7$ „
Cholesterylbenzoat	$= 0{,}32$ „

Mit Hilfe des Eiskalorimeters versuchte ich[1]) den Wert für *p*-Azoxyanisol direkt zu bestimmen, ich fand

$$\lambda = 1{,}32 \text{ cal.}$$

Indes ist dieser Wert vielleicht nicht ganz einwandsfrei, weil die kalorimetrischen Untersuchungen aus *p*-Azoxyanisol mit Unsicherheiten, die durch die Dimorphie dieses Stoffes im festen Zustande bedingt werden, behaftet sind.

Schmelzpunkte erfahren durch Zusatz fremder Stoffe eine Erniedrigung. Die Umwandlungspunkte unserer flüssigen Krystalle zeigen dieses Verhalten in noch viel stärkerem Masse,[2]) die hier beobachteten Depressionen sind wohl die grössten, welche bisher bekannt geworden sind. Als Mittel aus Messungen, welche ich mit Lösungen von verschiedenen organischen Substanzen in *p*-Azoxyanisol ausführte, erhielt ich als Wert der molekularen Umwandlungspunktserniedrigung 750°
als entsprechende Werte für *p*-Azoxyphenetol 713°
für Cholesterylbenzoat 1161°.

Um einen Begriff von der eminenten Grösse dieser Konstanten zu geben, stelle ich ihnen die entsprechenden Schmelzpunktserniedrigungen von einigen bekannten Stoffen gegenüber

Wasser	18,9
Eisessig	38,8
Benzol	49
Phenol	75.

Die grosse Depressionskonstante wird bedingt durch den kleinen Wert der Umwandlungswärme, beide Grössen sind durch die von van t'Hoff aufgestellte Gleichung

$$\Delta = 0{,}02 \cdot \frac{T^2}{q}$$

mit einander verknüpft, wenn
Δ die Depressionskonstante,
T die absolute Umwandlungstemperatur,
q die Umwandlungswärme
bedeutet.

Man sollte annehmen, dass es möglich sein müsse, mit Hilfe dieser Beziehung die Umwandlungswärme zu ermitteln; versucht man das, so erhält man für die Umwandlungswärmen folgende Werte

für *p*-Azoxyanisol . .	4,37	Calorien
„ *p*-Azoxyphenetol .	5,42	„
„ Cholesterylbenzoat	3,50	„

welche von den auf anderen Wegen bestimmten ganz erheblich abweichen.

Die van t'Hoffsche Gleichung ist abgeleitet unter Zugrundelegung der Annahme, dass aus der Lösung die Krystalle in reinem Zustande zur Abscheidung gelangen. In allen Fällen, wo ein teilweiser Übergang des gelösten Stoffes in die ausgeschiedenen Krystalle stattfindet, berechnen sich zu grosse Schmelzwärmen. Wir müssen also auch hier annehmen, dass die sich ausscheidenden flüssigen Krystalle ein Lösungsvermögen für fremde Stoffe besitzen. Die Zahl der Körper, welche sie aufzunehmen vermögen, ist nicht beschränkt wie bei festen Krystallen; soweit die Untersuchungen bis jetzt reichen, hat sich noch kein organischer Stoff gefunden, den sie nicht aufzunehmen vermöchten.

Bei den Untersuchungen über die Lösungen fremder Stoffe in *p*-Azoxyanisol[1]) hat sich herausgestellt, dass die Depressionskonstante, mag man diese oder jene Substanz auflösen, innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankt; wir schliessen daraus, dass das Teilungsverhältnis zwischen den beiden Flüssigkeiten für alle untersuchten Stoffe nahezu das Gleiche ist, eine sehr auffallende Thatsache.

Wir hatten daran gedacht — Untersuchungen in dieser Richtung sind neuerdings von Auwers[2]) aufgenommen worden —, das *p*-Azoxyanisol als Lösungsmittel für kryoskopische Zwecke zu verwenden. Man kann ja aus der Depression des Umwandlungspunktes, welche eine gewogene Menge einer gelösten Substanz in einer bekannten Menge *p*-Azoxyanisol erzeugt, in bekannter Weise Schlüsse auf das Molekulargewicht des gelösten Körpers ziehen.

Wir versprachen uns besondere Vorteile von dieser Methode, man bedarf, wegen der Grösse der Depression, nicht des Beckmannschen Thermometers, Unterkühlungserscheinungen fehlen fast vollständig, man hat nur kleine Mengen der zu untersuchenden Substanz für die Bestimmung nötig, und ausserdem ist das *p*-Azoxyanisol leicht zugänglich, denn das Ausgangs-

1) Z. f. phys. Chem. 29, 557.
2) Z. f. phys. Chem. 25, 547; 29, 553.

1) Z. f. phys. Chem. 25, 347. 29, 554.
2) Auwers, Z. f. phys. Chem. 32, 58.

material dafür, das *p*-Nitrophenetol, wird im grossen von der chemischen Technik hergestellt.

Der praktischen Verwendbarkeit stehen aber die theoretischen Bedenken gegenüber, dass das Lösungsmittel sich nicht rein aus dem Schmelzfluss ausscheidet und dass man daher immer gewärtig sein muss, Fehler zu begehen. Sollte sich indes die oben erwähnte Regelmässigkeit bez. des Verteilungskoeffizienten als eine allgemeine herausstellen, so wird man die Methode für praktische Zwecke in vielen Fällen verwenden können.

In einigen Fällen verursachte der gelöste Körper keine Erniedrigung, sondern eine Erhöhung des Umwandlungspunktes. Beobachtet wurde dieses Verhalten bei der Auflösung solcher Körper, welche ebenfalls flüssige Krystalle zu bilden vermögen. Auch bei festen Krystallen tritt diese Erscheinung auf und zwar dann, wenn gelöster Körper und Lösungsmittel im krystallisierten Zustande isomorphe Gemische miteinander bilden. F. W. Küster hat früher gezeigt, dass sich der Schmelzpunkt isomorpher Gemische aus den Schmelzpunkten der Komponenten nach der Mischungsregel berechnen lässt. Bei den krystallinisch flüssigen Gemischen von *p*-Azoxyanisol und *p*-Azoxyphenetol fand ich diese Beziehung wieder, es vermögen also auch flüssige Krystalle isomorphe Mischungen zu bilden.

Man hat nach Gründen gesucht für das eigentümliche Verhalten der flüssigen Krystalle, für ihre grosse Ähnlichkeit mit den gewöhnlichen Flüssigkeiten. Ostwald[1]) hat versucht auf die Frage nach den Ursachen eine Antwort zu geben; die Kleinheit der Schmelzwärmen, die geringe Grösse der Volumänderungen bei der Umwandlung und das Fehlen der Unterkühlungserscheinungen brachten ihn zu dem Schlusse, dass das Existenzgebiet der flüssigen Krystalle nicht weit von der Temperatur entfernt sei, bei welcher Krystalle und Flüssigkeiten identisch werden. Dieser kritische Punkt müsste dann in der Nähe des Umwandlungspunktes liegen.

Ostwald gab auch den Weg an, welcher zur Prüfung dieser Frage dienen könnte. Bei der Verschiebung des Existenzgebietes der flüssigen Krystalle durch Druck nach der Seite der höheren Temperaturen hätte sich mit der Annäherung an den kritischen Punkt eine Abnahme der Doppelbrechung bemerkbar machen müssen. Der angegebene Weg ist von Hulett beschritten worden, er hat aber bei seinen schon erwähnten Versuchen, bei denen er Drucke von über 300 Atmosphären verwandte und Erhöhungen der Umwandlungspunkte um 14 bis 24^0 erzielte, eine Verminderung der Doppelbrechung nicht beobachten können.

Ich selbst habe einen anderen Weg eingeschlagen, um die Lage des kritischen Punktes zu ermitteln. Er ist dadurch bestimmt, dass die Schmelz- bezw. Umwandlungswärme in ihm gleich Null wird. Da uns die Umwandlungswärme bekannt ist, so würde uns die Kenntnis des Temperaturkoeffizienten dieser Grösse in den Stand setzen, den Punkt zu berechnen.

Der Temperaturkoeffizient der Umwandlungswärme ist nun durch eine einfache thermodynamische Beziehung mit messbaren Grössen, nämlich den spezifischen Wärmen in den beiden flüssigen Zuständen, verknüpft. Es ist

$$\frac{dq}{dt} = c_1 - c_2,$$

wo c_1 die spezifische Wärme der isotropen, c_2 der krystallinischen Flüssigkeit bedeutet.

Mit Hilfe des Eiskalorimeters habe ich die spezifische Wärme bestimmt, die Bestimmungen sind aber mit Unsicherheiten behaftet, wir haben den Grund dafür schon oben kennen gelernt —, indes lassen auch sie erkennen, dass die Entfernung des kritischen Punktes vom Umwandlungspunkte noch eine recht grosse ist. Die flüssigen Krystalle stehen zwar den isotropen Flüssigkeiten sehr nahe, man kann aber die Nähe des kritischen Punktes als Ursache dafür nicht ansehen. (Schluss folgt).

1) Lehrbuch der allgem. Chemie. 2. II. 393.

REFERATE.



Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Der Telephonograph.

Eine überraschende Erfindung des dänischen Ingenieurs Poulsen, der Telephonograph oder das Telegraphon, beansprucht das Interesse der Physik ebenso wie das der Elektrotechnik.

Die Erfindung könnte treffend als Magnetophonograph bezeichnet werden, da sie die Prinzipien des Phonographen auf das elektromagnetische Gebiet überträgt.

Es ist demgemäss mit Hilfe dieses Apparates

möglich, das gesprochene Wort auf magnetischem Wege bleibend aufzuzeichnen, um es dann telephonisch beliebig oft wiederholen zu können.

Das wird in folgender Weise erreicht: Die in einem Mikrophon bei einer Schallübertragung erregten Stromwellen werden in einen geeigneten Elektromagneten geleitet und erzeugen zwischen den Polen desselben ein den Schalloscillationen entsprechendes „schwingendes" Magnetfeld. Diese periodischen Schwankungen der magnetischen Intensität markieren sich auf einem durch das Feld gezogenen magnetisierten Stahldraht oder -Band als Stellen stärkerer und schwächerer Magnetisierung, sodass der Draht die zeitlichen Schwankungen der Feldstärke ganz ebenso räumlich nebeneinander aufschreibt, wie die Wachswalze des gewöhnlichen Phonographen die Schwingungen der Membran.

Das überraschende ist, dass die Anordnung eine genügende Intensität der Wirkung erzielen lässt. — Bei der Wiedergabe wird an Stelle des Mikrophons ein Telephon geschaltet und der Draht in gleicher Weise zwischen den Polen des Elektromagneten hindurch gezogen. Jetzt induzieren die verschieden stark magnetisierten Stellen des Drahtes entsprechende Stromoscillationen, die sich im Telephon in Schallwellen umsetzen.

Über die Konstruktion der Apparate berichtet die Elektrotechnische Zeitschrift[1]) etwa folgendes: Eine Ausführungsform besteht darin, dass auf eine Walze ein etwa 1 mm dicker Stahldraht in einer Nut schraubenförmig aufgewunden ist.

Als Schreiber dient ein kleiner Doppelelektromagnet, dessen weicher Eisenkern etwa 1 mm Durchmesser besitzt. Die freistehenden Polenden des Doppelelektromagneten sind so angeordnet, dass sie den Draht umfassen.

Wird der Apparat in Betrieb gesetzt, so schiebt die Walze selbstthätig den auf dem aufgewundenen Draht schleifenden Doppelelektromagneten weiter. Vor dem Schreiben wird durch den Elektromagneten ein konstanter Strom geschickt; derselbe bewirkt, dass der Draht quer zu seiner Längsrichtung gleichmässig magnetisiert wird. Beim Schreiben selbst wird derselbe Doppelelektromagnet von den in der Sekundärwicklung der Mikrophon-Induktionsspule erzeugten Induktionsstössen umflossen; dabei wird der remanente Magnetismus des Stahldrahtes bald verstärkt, bald geschwächt, entsprechend den an der Mikrophonmembran erregten Schallschwingungen. Will man das auf diesem Wege magnetisch fixierte Gespräch u. s. w. wiederholen lassen, so hat man nur den Elektromagneten von neuem über den Draht laufen zu lassen und an Stelle des Mikrophons ein Telephon in den Stromkreis einzuschalten.

1) „E. T. Z." 1900, Heft 20.

Man kann das Gespräch beliebig oft wiederholen, ohne das eine wesentliche Schwächung zu bemerken ist.

Soll der Draht für ein neues Gespräch aufnahmefähig gemacht werden, so schickt man durch den Elektromagneten einen Gleichstrom; dadurch werden die in dem Draht vorhandenen magnetischen „Berge und Thäler" nivelliert.

An Stelle des Drahtes kann man auch mit Vorteil Stahlbänder anwenden, welche man dann wie Papierstreifen beim Morseapparat aufwickelt.

Eine dritte Form dient dazu, eine Nachricht mehreren Teilnehmern gleichzeitig zukommen zu lassen.

Ein, in sich geschlossenes Stahlband läuft gespannt über zwei rotierende Axen; zuerst passiert dasselbe den Schreibelektromagneten, sodann eine Reihe von Hörelektromagneten und zuletzt einem Löschelektromagneten, der das aufgezeichnete Gespräch sofort wieder „wegmagnetisiert". Der mit dem Erfinder zusammenarbeitende Ingenieur Pedersen hat die Poulsensche Erfindung in geistvoller Weise modifiziert, sodass man auf einem Drahte zwei Gespräche aufzeichnen kann, derart, dass man jedes einzelne derselben ungestört durch das andere abhören kann. Er verwendet zwei hintereinander geschaltete, im übrigen völlig gleiche Elektromagnete. Nachdem durch dieselben ein Gespräch auf dem Draht fixiert ist, wird die Stromrichtung in dem einen Elektromagneten umgekehrt.

Würde man jetzt den Apparat wiedergeben lassen, so würde man an einem eingeschalteten Telephon nichts hören können, da die in den Windungen des einen Elektromagneten erzeugten Induktionsströme gleich gross und entgegengesetzt denen des anderen wären; beide würden sich völlig aufheben.

Man kann also in dieser Stellung ein zweites Gespräch auf den Draht schreiben, welches andrerseits bei der ersten Schaltung nicht wiedergegeben werden könnte. Je nachdem man bei der Wiedergabe das erste oder zweite Gespräch zu hören wünscht, hat man den einen Elektromagneten in seiner ursprünglichen Stellung zu belassen oder ihn umzukehren.

Hört man nur durch einen Elektromagneten, so hört man beide Gespräche gleichzeitig.

Diese Pedersensche Anordnung kann dazu dienen, auf einer Fernsprechleitung gleichzeitig zwei Gespräche zu führen.

Nach dem Gesagten bedarf es keines Hinweises mehr auf die praktische Wichtigkeit

der Poulsenschen Erfindung. Wenn es gelingt, die auf diesem Wege hervorgerufenen Änderungen des remanenten Magnetismus genügend stark zu machen, so ist eine grosse Umwälzung auf telephonischem Gebiete zu erwarten.

Die in die Öffentlichkeit gelangten Urteile über die praktischen Ergebnisse der telegraphonischen Apparate sind ausserordentlich günstig; der Einführung in die Praxis scheint nichts mehr im Wege zu stehen; das Telegraphon soll die Laute mit der Deutlichkeit und Reinheit des Telephons wiedergeben.

Es ist vielleicht interessant zu bemerken, dass schon Edison kurz nach Erfindung des Telephons eine Methode ersonnen hatte, um das gesprochene Wort mittelst des Ferntöners aufzuzeichnen, allein seine Methode, einen Papierstreifen am Rande auszacken zu lassen, war viel zu roh, um günstige Resultate zu erzielen.

Aus dieser Edisonschen Anordnung ist der mechanische Phonograph hervorgegangen.

E.

(Eingegangen 31. Mai 1900.)

BESPRECHUNGEN.

P. Drude, Lehrbuch der Optik. Leipzig, Verlag von S. Hirzel. 1900. Gebunden M. 11.20.

Infolge der rapiden Fortschritte, welche die Optik in den letzten Jahren gemacht hat, sind die älteren Lehrbücher veraltet; das auf modernen Anschauungen aufgebaute „Lehrbuch der Optik" von P. Drude wird daher vielen willkommen sein.

Der Lehrgang des Buches ist ein synthetischer. Er beginnt mit der geometrischen Optik, wobei die geradlinige Fortpflanzung der Strahlen, die Unabhängigkeit der Teile des Lichtbündels von einander, das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz als fundamentale Erfahrungsthatsachen an die Spitze gestellt werden.

Die „Physikalische Optik" zerfällt in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt behandelt die Fortpflanzung, Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes. Hier gelangt der Leser zur Auffassung des Lichtes als einer periodischen Zustandsänderung, die sich in transversalen Wellen mit einer endlichen Geschwindigkeit fortpflanzt. Von neueren Forschungsergebnissen haben hier insbesondere Sommerfelds exakte Behandlung der Beugung am Rande einer „vollkommen blanken" Halbebene, und Michelsons Glasplattenstaffeln Berücksichtigung gefunden.

Erst im zweiten Abschnitte gelangt die elektromagnetische Lichttheorie zur Geltung. Ihre Vorzüge treten bei der Behandlung der Reflexion und Brechung an der Grenze isotroper Medien hervor, noch schärfer aber in der Krystalloptik. Sie umfasst die älteren mechanischen Theorien, die sich ergeben, indem man als Lichtvektor die magnetische Kraft, die elektrische Kraft, oder die elektrische Strömung interpretiert und zeigt so, dass alle diese Theorien zu demselben Endziel führen müssen. Der Theorie der Dispersion legt der Verfasser mit Helmholtz die Annahme von Ionen zu Grunde, welche, durch die elektrischen Kräfte der Lichtwellen angeregt, der Differentialgleichung des gedämpften Pendels gemäss Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage ausführen. Für Nichtleiter führt diese Annahme zu dem vom Verfasser selbst früher aufgestellten Erklärungssystem. Die Dispersion der Metalle dagegen wird durch „Leitungsionen" gedeutet, die zwar träge Masse aber keine feste Gleichgewichtslage besitzen (s. Phys. Zeitschr. S. 161, Jan. 1900). Auch der Magnetooptik wird die Ionentheorie zu Grunde gelegt, indem die, nach Ampère, in paramagnetischen und diamagnetischen Körpern zirkulierenden Molekularströme als rotierende Ionenladungen gedeutet werden. Trifft eine Lichtwelle auf diese Ionen, so sind zwei Einflüsse zu berücksichtigen. Einerseits werden die Mittelpunkte der Ionenbahnen durch die elektrischen Kräfte der Lichtwelle periodisch hin und her geschoben; die magnetischen Kraftlinien werden mit verschoben und rufen so eine Induktionswirkung hervor. Andererseits erfahren die von der Lichtwelle in Schwingungen versetzten Ionen, die ja elektrischen Strömen äquivalent sind, im magnetischen Felde Ablenkungen. Je nachdem man nur den ersten oder nur den zweiten Einfluss in Rechnung zieht, gelangt man zur Hypothese der Molekularströme oder des Hall-Effekts. Letztere Hypothese führt zu den Differentialgleichungen, durch die W. Voigt den inversen Zeeman-Effekt sowie die magnetische Doppelbrechung erklärte; erstere ist

zur Darstellung der magnetooptischen Eigenschaften von Eisen, Kobalt und Nickel heranzuziehen, sowie überhaupt solcher Effekte, die durch Verstärkung des äusseren Feldes nicht über einen endlichen Grenzwert hinaus zu steigern sind, d. h. die nicht der magnetischen Induktion, sondern der Magnetisierung proportional sind. Fehlt das äussere magnetische Feld, so pflanzen sich, wie der Verfasser zeigt, die Lichtwellen so fort, als ob die magnetische Permeabilität gleich 1 wäre; ein merklicher magnetooptischer Effekt des Magnetfeldes der Lichtstrahlen selbst wäre nicht einmal beim Eisen zu beobachten, auch wenn die Magnetisierung den schnellen Wechseln des Magnetfeldes folgen könnte. Wie man sieht, hat der Verfasser hier eine Reihe neuer Resultate niedergelegt. Das letzte Kapitel des zweiten Abschnittes enthält eine Darstellung der optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, nach der Theorie von H. A. Lorentz, welche den Äther als ruhend und nur die ponderablen Massen mit den an ihnen haftenden Ionen als beweglich annimmt; hier werden die Fragen erörtert, die noch jüngst auf dem Naturforschertage in Düsseldorf das Interesse der Physiker in Anspruch nahmen.

Der dritte Abschnitt endlich behandelt die Strahlung der Körper vom thermodynamischen Standpunkte aus. Er enthält die fundamentalen Untersuchungen von Kirchhoff, sowie die neueren, auf die Ermittelung der Strahlung des vollkommen schwarzen Körpers hinzielenden Arbeiten. Bei den Anwendungen der Thermodynamik spielt hier bekanntlich der Druck der Strahlung eine grosse Rolle; der Verfasser ersetzt nun den von Maxwell für die Existenz dieses Druckes gegebenen Beweis durch einen neuen, der dem Referenten nicht verständlich geworden ist. Nach der Überzeugung des Referenten ist es unmöglich, den Strahlungsdruck theoretisch zu begründen, ohne auf die im elektromagnetischen Felde wirksamen ponderomotorischen Kräfte zurückzugehen, und gerade die aus der Existenz des Strahlungsdruckes von L. Boltzmann und W. Wien gezogenen Folgerungen gehören zu den schönsten Errungenschaften, die wir der elektromagnetischen Lichttheorie verdanken. — Der Abschnitt schliesst mit einer Diskussion des über Luminiszenz, Fluoreszenz und Verbreiterung der Spektrallinien Bekannten.

Wie aus dieser Inhaltsübersicht hervorgeht, giebt das neue Lehrbuch eine vollständige Darstellung der experimentellen Resultate und der mit ihnen in Verbindung stehenden theoretischen Entwickelungen. Leider wird daneben ein wichtiges Anwendungsgebiet der Optik vernachlässigt, die Lichterscheinungen der Atmosphäre. Sind die Fragen, welche die Theorie des Regenbogens, die Farbe und Polarisation des Himmelslichtes betreffen, etwa darum von geringerem Interesse, weil sie der theoretischen Optik nicht von dem experimentierenden Physiker, sondern von der Natur selbst gestellt werden?

Göttingen, den 25. Mai 1900.

Dr. M. Abraham.

(Eingegangen 26. Mai 1900.)

Personalien.

Ende Mai starb in Steglitz der Abteilungsvorsteher des Geodätischen Instituts zu Potsdam Professor Dr. Moritz Löw im 59. Lebensjahre.

Der Dozent für Physik an der Technischen Hochschule zu Berlin Professor Dr. Rubens ist zum etatsmässigen Professor an dieser Anstalt ernannt worden.

An der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen ist mit Beginn des laufenden Sommersemesters ein Lehrstuhl für technische Chemie errichtet und Professor Dr. Bülow übertragen worden.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 39. 30. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Thermodynamische Notizen: Über Dampfdrucke, Verdampfungswärme, dreifache Punkte von Brom und von Jod.

Von K. Tsuruta.

Die Mitteilung der folgenden Daten, welche der Hauptsache nach aus den Messungen von Professor Ramsay und Young mit Hilfe bekannter Formeln berechnet wurden, dürfte vielleicht manchem der Fachgenossen nützlich sein.

I. Brom.

Indem ich die Messungen in einer Kurve in Verhältnis von 2,5 mm auf ca. 1 mm Druck bezw. ca. 1° C. Temperatur eingezeichnet hatte, bekam ich die in der folgenden Tabelle gegebenen Werte des Dampfdruckes bei verschiedenen Temperaturen. Natürlich wurden mehrere solche Kurven gezeichnet, um die Fehler des Ausgleichens zu eliminieren; aber da die Werte von $\frac{dp}{dT}$ grösser werden bei höheren Temperaturen, so werden auch die Differenzen zwischen den gegebenen und den interpolierten Werten etwas beträchtlicher. Aus den so gefundenen Werten von p wurden diejenigen von $\frac{dp}{dT}$ graphisch bestimmt, ihre Mittel genommen, und schliesslich zweimal dem Ausgleichsprozesse unterworfen.

t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm	t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm
—16°	20,8	2,0	+15°	140,0	6,45
—14	24,8	2,3	+20	175,3	7,65
—12	29,8	2,7	+25	216,4	9,05
—10	35,5	3,1	+30	264,6	10,70
— 8	42,0	3,5	+35	323,5	12,55
— 5	51,0	2,65	+40	392,5	14,75
0	66,4	3,50	+45	470,5	17,05
+ 5	85,9	4,40	+50	559,5	19,55
+10	110,5	5,35	+55	665,3	22,40

Im Anschluss an das Vorhergehende dürfen die folgenden nützlichen Grössen hier angeführt werden:

Dreifacher Punkt (— 7,1° C.)

	fest	flüssig
p mm	45,5	45,5 [1]
$\frac{dp}{dT}$ mm	3,7	2,35

Siedepunkt (+ 58,7° C.)

$\frac{dp}{dT}$ mm 25,40.

Machen wir die Annahme, dass das Boyle-Gay-Lussacsche Gesetz hier gelte, so können wir aus den vorigen Daten die Verdampfungswärme des Brom etwa zwischen den Temperaturen — 7,1° C. und + 58,7° C. berechnen.

Wir suchen zunächst den Wert der Verdampfungswärme aus den vorliegenden kalorimetrischen Daten zu bestimmen.

Th. Andrews [2]) fand durch seine Versuche die Verdampfungswärme des Brom beim Siedepunkt gleich 45,60 cal. Regnault [3]) gab die Wärmequantität, welche gebraucht wird, um 1 g Brom von 0° C. in Dampf von der Temperatur + 63° (dem von ihm gefundenen Siedepunkt) zu verwandeln, gleich 50,95 cal. Zwar fällt der Siedepunkt ziemlich viel höher aus bei Regnault als bei Andrews; wenn man ihn aber als gegeben nimmt und die spezifische Wärme des flüssigen Brom gleich 0,108 cal. setzt, so findet man, dass die Verdampfungswärme des siedenden Brom 44,15 cal. gleich ist. Wir haben also als Mittel

$$(r_{lg})_{\text{Siedepunkt}} = 44,9 \text{ cal.}$$

Dagegen ergiebt sich aus der Formel von Clausius mit Benutzung des angegebenen Wertes von $\frac{dp}{dT}$

$$(r_{lg})_{\text{Siedepunkt}} = 45,3 \text{ cal.},$$

welcher Wert mit dem obigen ziemlich gut übereinstimmt. [4])

1) 45,5 mm nach Prof. Ramsay und Young.
2) Th. Andrews, Scientific Papers. S. 171.
3) Nach Ostwald, Lehrbuch, Bd. II. T. I., S. 110.
4) Die Messungen und Rechnungen Streckers (Wied. Ann. Bd. 13, 1881) mögen mit in Betrachtung genommen werden.

Nach Andrews ist die spezifische Wärme des flüssigen Brom ziemlich konstant und zwar gleich 0,1071 cal. zwischen + 45° und + 11° C. Regnault fand sie etwas veränderlich und zwar gleich 0,1051 cal. zwischen — 6° und + 10° C., gleich 0,1129 cal. zwischen + 13° und + 58° C. Nehmen wir der Einfachheit wegen an, dass sie konstant sei und zwar = 0,108 cal. Es gilt dann die bekannte thermodynamische Relation in der Form:

$$r_{lg} = \text{konst.} - (c - c_p) \cdot T,$$

wo c die spezifische Wärme des flüssigen Brom, wie erwähnt = 0,108 cal. und c_p die spezifische Wärme bei konstantem Druck des dampfförmigen Brom bedeutet, nach Strecker = 0,055 cal. Die Konstante kann durch die Betrachtung bestimmt werden, dass r_{lg} beim Siedepunkt gleich 45,0 cal. ist. Dann haben wir

$$r_{lg} = 48{,}1 - 0{,}053 \cdot t.$$

Einige Werte von r_{lg} berechnet nach dieser Formel sind in der dritten Kolumne der nachfolgenden Tabelle gegeben.

t	Aus thermometrisch. Daten	Aus kalorimetrischen Daten	t	Aus thermometrisch. Daten	Aus kalorimetrischen Daten
— 5°	46,0	48,4	+30°	45,7	46,5
0	48,4	48,1	35	45,3	46,2
+ 8	48,8	47,8	40	45,3	46,0
10	47,8	47,6	45	45,1	45,1
15	47,1	47,3	50	44,9	44,9
20	46,1	47,0	55	44,6	44,6
25	45,8	46,8			

Wenn wir die Werte in der zweiten und dritten Kolumne mit einander vergleichen, so sehen wir, dass trotz der Verschiedenheit der angenommenen Daten eine gute Übereinstimmung herrscht; die experimentellen Daten stimmen somit gleichfalls mit einander überein.

Um auch noch die Richtung der Schmelzkurve in dem dreifachen Punkte zu finden, wird man die Clausiussche Formel benutzen. Die einzige Messung über die Volumänderung beim Schmelzen, die ich in der Literatur finden konnte, rührt von Herrn M. Töpler her; nach ihm haben wir:

die Volumänderung ≡ 0,0511 ccm pro g.

Dann haben wir nach Regnault
die Schmelzwärme ≡ 16,185 cal.

Daraus ergiebt es sich, dass

$$\frac{dp_h}{dT_{-7,1^0}} = 49{,}20 \text{ atmo. pro } 1^0 \text{ C.}$$

II. Jod.

Aus Messungen von Prof. Ramsay und Young wurden die folgenden Werte von p und $\frac{dp}{dT}$ für Jod bestimmt:

Fest.

t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm	t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm
+60°	5,0	3,75	+ 90°	26,0	0,81
65	6,3	3,05	95	34,2	0,59
70	8,3	2,35	100	44,5	0,41
75	11,0	1,85	105	58,5	0,30
80	14,5	1,45	110	75,5	0,20
85	19,5	1,10			

Flüssig.

t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm	t	p mm	$\frac{dp}{dT}$ mm
+115°	93	3,57	+150°	292	8,57
120	111	4,03	155	336,5	9,70
125	133	4,56	160	388	10,92
130	157,5	5,19	165	446,5	12,37
135	185	5,90	170	512	13,85
140	216,5	6,66	175	587,5	15,53
145	252	7,58	180	668	17,40

Dreifacher Punkt (+ 114,1° C.)

	fest	flüssig
p mm	90	90
$\frac{dp}{dT}$ "	4,5	3,5

Siedepunkt (+ 185,0° C.)[1])

$\frac{dp}{dT}$ mm 19,4

Ebenso wie vorher konnte ich unter der Annahme des Boyle-Gay-Lussacschen Gesetzes die folgenden Werte von Verdampfungswärme des Jod berechnen:

t	r_{lg}	t	r_{lg}	t	r_{lg}	t	r_{lg}
+115°	44,8	+135°	41,2	+155°	41,0	+175°	41,2
120	43,5	140	40,7	160	40,9	180	41,5
125	42,1	145	40,8	165	41,2	185	41,6
130	41,5	150	40,8	170	41,2		

Bei Jod wie bei Brom könnte man andererseits aus den vorhandenen kalorimetrischen Daten die Verdampfungswärme für beliebige Temperaturen berechnen, wenn die spezifische Wärme des flüssigen Jod (= 0,1082 cal. nach Favre und Silbermann),[2]) die spezifische Wärme bei konstantem Druck des dampfförmigen Jod (= 0,0336 cal. nach Strecker), und irgend ein Wert der Verdampfungswärme, z. B. beim Siedepunkt, gegeben sind. Wir haben eine solche von Favre und Silbermann, aber man kann leider die Versuchstemperatur nicht ermitteln. Sie scheint ausserdem mit den aus den thermometrischen Daten berechneten Werten nicht vereinbar zu sein; ich musste also darauf verzichten, die auf beiden Wegen zu erhaltenden Wertreihen zu vergleichen.

Endlich kann man die Richtung der Schmelzkurve im dreifachen Punkt wie vorher bestimmen.

1) + 184,35° C. nach Prof. Ramsay und Young.
2) Favre und Silbermann, C. R. XXIX. 1849.

Zunächst kann man in diesem Punkt, wie bekannt, die Schmelzwärme aus der Verdampfungswärme berechnen nach der Formel:

$$r_{sl} = r_{lg} \cdot \frac{\left(\frac{dp_{gs}}{dT}\right) - \left(\frac{dp_{lg}}{dT}\right)}{\left(\frac{dp_{lg}}{dT}\right)},$$

d. h.

$$= 12{,}92 \text{ cal.}$$

Nach der Messung M. Töplers ist

$$v_l - v_s = 0{,}0434 \text{ ccm pro g.}$$

Also

$$\frac{dp_{sl}}{dT} = 31{,}78 \text{ atmo. pro } 1^0 \text{ C.}$$

(Eingegangen 31. Mai 1900.)

Über Wasserstoffsuperoxyd, Autoxydation und die Gaskette.

Von F. Haber.

Die im Folgenden gebotene Theorie der Autoxydation in Verknüpfung mit der der Gaskette und den Potentialen des Wasserstoffsuperoxydes bewegt sich auf einem Gebiete, welches in seinen Einzelteilen litterarisch ungemein vielseitige Bearbeitung gefunden hat. Indessen habe ich geglaubt, die Litteraturnachweise im wesentlichen beiseite lassen zu dürfen, da einerseits Bodländer in einem schönen Aufsatz über die langsame Verbrennung,[1]) andererseits Bredig und Müller von Berneck[2]) in einer sehr wichtigen Experimentaluntersuchung über die anorganischen Fermente erst kürzlich die einschlägige Litteratur sorgfältig gesammelt haben. Man wird also in diesen beiden Schriften hier fehlende Verweisungen leicht finden.

Den Zusammenhang von Autoxydation und Wasserstoffsuperoxydpotentialen hat Ihle[3]) zuerst behandelt, indem er vornehmlich den Einfluss der Hydroxylkonzentration auf das Potential des Wasserstoffsuperoxydes ins Auge fasste und Rückschlüsse auf die Autoxydation daraus herleitete, eine Materie, der später Manchot[4]) eine Reihe von Versuchen und Betrachtungen gewidmet hat.

Die Zurückführung der Autoxydationsphänomene und der Gaskette auf die Gleichgewichtsbeziehung von Sauerstoff, Wasser und Wasserstoffsuperoxyd ist hingegen meines Wissens bisher nicht versucht worden.

Wenn man eine platinierte Platinelektrode in eine schwefelsaure Lösung von Wasserstoffsuperoxyd einsenkt, so beobachtet man, dass ihr Potential über dem einer Wasserstoffelektrode, unter dem einer Sauerstoffelektrode liegt, die in gleich konzentrierter wasserstoffsuperoxydfreier Schwefelsäure sich befinden. Vermehrt man den Wasserstoffsuperoxydgehalt, so beobachtet man, wie ich früher mit Grinberg[1]) gezeigt habe, dass das Potential des platinierten Platins hinabgeht. Geht man wieder auf eine wasserstoffsuperoxydärmere Lösung zurück, so beobachtet man wieder einen Anstieg, welcher dem früheren Abfall des Potentials entspricht.

In diesem Verhalten ist die charakteristische Eigenart des Wasserstoffsuperoxyds gekennzeichnet als Reduktionsmittel zu wirken. Denn jedes Reduktionsmittel wird der Elektrode, deren Potential es bestimmt, um so negativere Werte aufnötigen, je höher seine Konzentration ist. Die Reduktionswirkung des Wasserstoffsuperoxydes kann nun nach seiner chemischen Natur lediglich in der Weise geübt werden, dass Wasser und Sauerstoff gebildet wird entsprechend der Gleichung



$$MO + H_2O_2 = M + O_2 + H_2O.$$

Damit ist zugleich die dynamische Gleichung festgelegt, welche den Zusammenhang von Potential und Wasserstoffsuperoxydkonzentration darstellt. Denn da das Verschwinden eines Mols Wasserstoffsuperoxyd mit dem Verschwinden zweier Hydroxylionen oder dem Auftreten zweier Wasserstoffionen gepaart sein muss, so gilt, soweit gasförmiger Sauerstoff und Wasser als Phasen von unveränderlicher Konzentration betrachtet werden dürfen

$$E = -\frac{RT}{2F} \ln C_{H_2O_2} \cdot C^2_{\overline{OH}} + \text{konst.} \qquad 1)$$

Hier bedeutet E das Potential der Elektrode, T die absolute Temperatur, $F = 96\,540$ Coulomb und ln den natürlichen Logarithmus, während der Buchstabe C die Konzentration der Substanz andeutet, bei der er steht und OH Hydroxylionen.[2])

Aus dieser dynamischen Gleichung lassen sich weitgehende Folgerungen ableiten.

Es sei zunächst an M. Traubes Ergebnis erinnert, demzufolge Wasserstoffsuperoxyd nur an der Kathode, niemals an der Anode entsteht, an ersterer aber, wie Richarz und Lonnes[3]) noch des näheren ermittelt haben, event. in dem vollen Betrage von 1 Mol pro $2F$. Dabei bleibt sekundäres Auftreten von Wasser-

1) In Ahrens' Sammlung Chemischer und Chemisch-technischer Vorträge Bd. III, S. 385.

2) Z. f. physikal. Chem. 31, S. 258. Mehrere wertvollen Hinweise verdanke ich dem brieflichen Verkehre mit meinem Freunde Bredig, dem ich die hier entwickelten Anschauungen vor längerer Zeit bereits mitgeteilt habe.

3) Z. f. physikal. Chem. 22, S. 114.

4) Göttinger Habilitationsschrift, Verlag von Veit & Co. in Leipzig 1900.

1) Z. f. anorgan. Chem. Bd. 18 (1898), S. 37.

2) Ostwald, Grundriss der allgemeinen Chemie III. Aufl. 1899 Kap. IX.

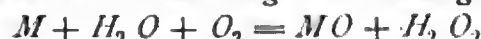
3) Z. f. physikal. Chem. 20, S. 145.

stoffsuperoxyd z. B. durch spontanen Zerfall von Überschwefelsäure natürlich als ein Phänomen ganz anderer Art ausser Betracht.

Dieses experimentelle Resultat wird durch die Gleichung 1) direkt gefordert. Ihr zufolge sind für eine beliebige unveränderliche Hydroxylkonzentration hohe Wasserstoffsuperoxydgehalte bei tiefen, niedrige bei hohen Potentialen stabil. Während das Auftreten von Wasserstoffsuperoxyd in fassbarer Menge an einer anodisch polarisierten Elektrode die Schöpfung eines Zustandes bedeuten würde, der im äussersten Masse im Ungleichgewicht und somit unstabil wäre, ist an einer kathodisch polarisierten Elektrode, an der bei erheblichen Wasserstoffsuperoxydkonzentrationen Gleichgewicht besteht, die Bildung dieses Stoffes in dem Umfang zu erwarten, in welchem die Elektrizitätsmenge sie ermöglicht, d. h. 1 Mol pro $2F$.

Damit ist aber zugleich der Mechanismus der sogenannten Autoxydation — und weitergehend im wesentlichen der der Oxydation in Gegenwart von Wasser überhaupt — gegeben. Wenn man nämlich den elektrochemischen Vorgang, von welchem zuvor gehandelt wurde, die Elektrolyse sauerstoffgesättigten Wassers betrachtet, so ist sein Wesen damit gekennzeichnet, dass an der Anode 1 Atom Sauerstoff als solches entladen oder von einem oxydierbaren Körper verbraucht wird, während an der Kathode 1 Mol Wasserstoffsuperoxyd entsteht. Da es nun für das Zustandekommen und die Ablaufrichtung des chemischen Vorganges keine Änderung bedingt, ob wir ihn aus dem galvanischen Element in das Reagenzglas verlegen, so geht der bündige Schluss dahin, dass bei allen von selbst in Gegenwart von Luft und Wasser freiwillig verlaufenden Oxydationen 1 Atom Sauerstoff verbraucht und gleichzeitig 1 Mol Wasserstoffsuperoxyd gebildet wird. Denn es bedarf in diesem Falle immer nur der Vorstellung, dass der oxydable Körper als Depolarisator am einen Pol, eine indifferente Elektrode in luftgesättigter Lösung als zweiter Pol einer kurz geschlossenen Zelle verwendet werde, um den Ablauf des Oxydationsvorganges auf die von M. Traube und von Richarz und Lonnes studierten Verhältnisse kathodischer Bildung von Wasserstoffsuperoxyd zurückzuführen.

Die zahlreichen Varianten, welche wir bei den hierher gehörigen Oxydationsprozessen beobachten, können nun wenigen Typen untergeordnet werden. Die erste und einfachste, aber am seltensten realisierte Möglichkeit ist die, dass je ein Mol Superoxyd neben der durch Aufnahme je eines Atoms Sauerstoffs entstandenen Menge des Oxydationsproduktes bestehen bleibt. Die Bedingung für diesen Fall — wenn er nicht im galvanischen Element sondern im Reagenzglas verwirklicht werden soll — ist eine doppelte; zunächst ist erforderlich, dass Wasserstoffsuperoxyd nicht seinerseits den oxydablen Körper verändert, der mit Luft und Wasser zusammengebracht wird. Die andere Bedingung folgt aus der Betrachtung der Umsatzgleichung



$$M + H_2O + O_2 = MO + H_2O_2$$

und ihrer dynamischen Formulierung bei welcher H_2O und O_2 als konstant behandelt werden können. Die freie Energie der Autoxydation A[1]) ist

$$A = \frac{RT}{2F}\left[ln\ k - ln\ \frac{C_{MO} \cdot C_{H_2O_2}}{C_M}\right]. \qquad 2)$$

Wenn nun C_{MO} und $C_{H_2O_2}$ von minimalen Werten aufwärts beständig wachsen, C_M aber abnimmt, so konvergiert die freie Energie gegen Null und es ist leicht denkbar, dass sie den Nullwert bereits erreicht, ehe C_{MO} und $C_{H_2O_2}$ bis zu Werten gewachsen sind, die uns ihre analytische Erkennung und damit die Konstatierung des Reaktionsvorganges auf chemischem Wege ermöglichen.

Wir haben danach drei Fälle der Autoxydation durch Luft und Wasser zu unterscheiden. Der erste ist gegeben, wenn der Verbrauch jedes Sauerstoffatoms verknüpft ist mit der Bildung eines Mols Wasserstoffsuperoxyd, der zweite, wenn dieses Mol Wasserstoffsuperoxyd nicht bestehen bleibt, sondern mit dem oxydablen Ausgangsmaterial seinerseits in Reaktion eintritt, sodass nichts als Endprodukt resultiert, wie das oxydierte Gebilde, während eine äquivalente Menge Sauerstoff verschwunden ist. Der dritte Fall schliesslich ist der, dass die Gleichgewichtskonstante k in 2) einen Wert besitzt, der eine messbare Oxydation überhaupt nicht zu stande kommen lässt. Hier bedarf es eines Kunstgriffes, darin bestehend, dass eine Substanz hinzugefügt wird, welche Wasserstoffsuperoxyd auf das begierigste verbraucht und somit verhindert, dass das Produkt $C_{MO} \cdot C_{H_2O_2}$ in Gleichung 2) einen Wert annimmt, welcher den zweiten Logarithmus in der Klammer dem ersten gleich macht. Dies ist, um mich der Englerschen[2]) Ausdrucksweise zu bedienen, der Fall, in welchem Autoxydator und Acceptor zusammenwirken müssen, damit die Autoxydation zu stande kommt.

Es wird von Wert sein, der dynamischen Ableitung dieser Verhältnisse eine atomtheoretische folgen zu lassen, durch welche man zu denselben Ergebnissen geleitet wird. Dabei soll der Hinweis nicht unterbleiben, dass diese zweite Ableitung von einer bestreitbaren Voraussetzung ausgeht.

Die Voraussetzung, um welche es sich handelt, betrifft den Zustand des Sauerstoffs in

1) Man vergl. Haber, Graphische Thermodynamik elektrochemische Prozesse ds. Zeitschrift I, 361.

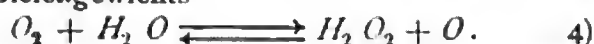
2) Ber. der Deutschen chem. Gesellschaft 33, S. 1090ff.

einer sauerstoffbeladenen Platinoberfläche wie in sauerstoffhaltigem Wasser und geht dahin, dass die atomistische Form des Sauerstoffs neben der molekularen als vorhanden und als die eigentlich wirksame betrachtet wird.[1]) Der Umfang, in welchem der Sauerstoff O_2 in einzelne Sauerstoffatome gespalten gedacht wird, ist dabei belanglos. In sauerstoffhaltigem Wasser wird man in Rücksicht auf die Gasdichte des Sauerstoffs und das Henrysche Gesetz nur eine minimale Spaltung zulassen, über den Zustand in der Platinoberfläche sind ziemlich auseinander gehende Vorstellungen möglich und wohl auch verbreitet.[2]) Indessen kommt es auch hier nur darauf an, dass man atomistischen Sauerstoff als überhaupt vorhanden und mit allen anderen etwa im sauerstoffbeladenen Platin sonst bestehenden Sauerstoffformen dynamisch so verknüpft ansieht, dass das Potential einer Sauerstoffelektrode durch die Formel

$$E = \frac{RT}{2F} \ln \frac{C_O}{C^2_{OH}} \qquad 3)$$

gedeckt wird.

Wir gewinnen dann die frühere Formel für die Wasserstoffsuperoxydelektrode mit Benutzung des Gleichgewichts



$$O_2 + H_2O \rightleftarrows H_2O_2 + O. \qquad 4)$$

Denn es ist für konstante Werte von molekularem Sauerstoff und Wasser

$$C_{H_2O_2} \cdot C_{O_2} = k,$$

und folglich

$$E = -\frac{RT}{2F} \ln C^2_{\overline{OH}}\, C_{H_2O_2} + \text{konst.}$$

Die Beziehung 4) wird im Lichte dieser Betrachtung zur grundlegenden Gleichung aller Oxydationsvorgänge, die durch Luft und Wasser bedingt werden.

Der eingangs angezogene Befund von M. Traube, dass bei kathodischer Polarisation Wasserstoffsuperoxyd entsteht, versteht sich als die Folge eines kontinuierlichen Verbrauchs von atomistischem Sauerstoff an der Platinoberfläche, der durch von links nach rechts ablaufenden Umsatz zufolge Gleichung 4) unter Entstehung von je 1 Mol Wasserstoffsuperoxyd auf 1 Atom verbrauchten Sauerstoff, das ist pro $2F$ ersetzt wird.

Die Autoxydation von Blei durch Luft und Schwefelsäure, die nach Schönbein ein Molekül Wasserstoffsuperoxyd neben einem Molekül Bleisulfat liefert, Moritz Traubes Ergebnis, dass Zink mit lufthaltigem Wasser (bezw. mit Kalilauge und Ätzkalk) auf jedes Mol Zinkhydroxyd 1 Mol Wasserstoffsuperoxyd liefert, stellen sich ebenfalls als notwendige Konsequenz der durch Gleichung 4) gegebenen Beziehung dar. Nur wird hier die O-Konzentration nicht durch kathodische Polarisation, sondern durch die Umsetzungen



$$Pb + O \rightleftarrows PbO \text{ bez. } Zn + O \rightleftarrows ZnO$$

bei jenen niedrigen Werten festgehalten, welche bedingen, dass die in Gleichung 4) dargestellte Reaktion dauernd von links nach rechts fortläuft. Unmittelbar hieran reiht sich Bodländers Feststellung, dass Gold in lufthaltiger Cyankalilösung sich unter Bildung eines Mols Wasserstoffsuperoxyd auf je zwei Valenzgewichte Gold auflöst und es ist von besonderem Interesse, dass die Schwierigkeiten, welche, wie Bodländer in seinem schönen Aufsatze (l. c.) hervorhebt, den geltenden Theorien aus diesem Falle erwachsen, hier gänzlich entfallen. Dass Gold in Cyankaliumlösung dabei den Charakter eines unedlen Metalles bekundet, welches im Gegensatz zu edlen Metallen nur neben einer minimalen O-Konzentration unverändert bleibt, folgt aus der Bedingungsgleichung für eine Goldelektrode in Gegenwart von Sauerstoff

$$\frac{C_O}{C^2_{\overline{OH}}} = \frac{C^2_{\overset{+}{Au}}}{C^2_{Au}},\; C^2_{Au} \cdot C_O = K^1,\; C_{\overline{OH}} \cdot C_{\overset{+}{Au}} = K$$

und somit $(K)^2 = K^1$.

Es ist nun aber K ohne Zweifel eine äusserst geringe Grösse und somit gilt ein Gleiches von K^1.

In den bisher erörterten Fällen wurde von der Vorstellung Gebrauch gemacht, dass eine Konzentration atomistischen Sauerstoffes als potentialbestimmende Grösse der Sauerstoffelektrode betrachtet werden dürfe. Da nun jede wässrige Lösung Hydroxylionen enthält, so ist auch jede Metallelektrode in einer wässrigen Lösung gleichzeitig eine Sauerstoffelektrode mit — ihrer chemischen Natur entsprechend — kleinerer oder grösserer Sauerstoffkonzentration und somit war die gewählte Betrachtungsweise auf Blei, Zink, Gold und ähnliche Metalle ohne weiteres übertragbar.

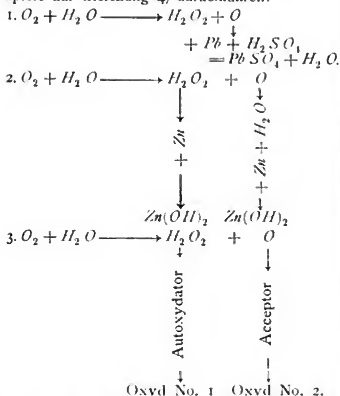
Fasst man die vorausgesetzte Existenz einer winzigen Konzentration an atomistischem Sauerstoff in lufthaltigem Wasser ins Auge, so bieten sich die Manchotschen Fälle (l. c.) der Autoxydation als ein illustratives Beispiel für die Bethätigung der in Gleichung 4) dargestellten Verhältnisse. Manchot hat Oxyanthranol in Antrachinon, Dihydrophenantrenchinon in Phenantrenchinon, Hydrochrysochinon in Chrysochinon, ferner Hydrazotriazol und Hydrazomethyltriazol in ihre Dehydroprodukte verwandelt und dabei stets ein Mol Wasserstoffsuperoxyd auf ein Atom zur Oxydation verbrauchten Sauerstoffes erhalten. Manchot bediente sich dabei eines Kunstgriffes, den Traube bei der Autoxydation

1) Man vergl. ausser der Abhandlung von Bodländer hierzu besonders Ewan, Z. f. physik. Chem. 16, S. 342 und van 't Hoff ebenda S. 411.

2) Man vergl. Mond, Ramsay, Shields, Z. f. physikal. Chem. 19, S. 25.

des Zinkes anwandte, indem er in Gegenwart von Erdalkalihydroxyd arbeitete (Kalk bei Traube, Bariumhydroxyd bei Manchot). Das entstehende Wasserstoffsuperoxyd setzt sich zu unlöslichem Erdalkalimetallhyperoxyd um und somit bleibt einerseits seine Konzentration in der Lösung gering und hemmt den Fortgang der Autoxydation nicht, andererseits entgeht es weiteren sekundären Veränderungen.

Die früher abgeleiteten drei Oxydationsfälle lassen sich nun an der Hand dreier Beispiele auf Gleichung 4) zurückführen:



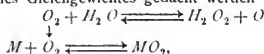
Der dritte Fall ist zuvor nach seiner dynamischen Bedingtheit soweit erläutert worden, dass hier nur der Hinweis auf das von M. Traube ermittelte Faktum noch Platz finden möge, dass Eisen in Sodalösung nicht rostet, in welcher es auch durch Wasserstoffsuperoxyd nicht verändert wird, und es ist für den Traubeschen Scharfblick charakteristisch, dass er diese Beziehung zwischen der Beständigkeit gegen Wasserstoffsuperoxyd und der Beständigkeit gegen die oxydierende Wirkung von Luft und Wasser als eine allgemeine Regel behauptet, obwohl ihm, wie zu jener Zeit erklärlich, eine dynamische Vorstellung des Zusammenhanges fern lag.

Soviel ich sehe, bietet derzeit[1]) die chemische Erfahrung über Autoxydationsvorgänge in Gegenwart von Wasser nichts, was dem hier gegebenen Bilde sich nicht fügte.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass Wasserstoffsuperoxyd die Eigenschaft hat, manche organischen Verbindungen in Superoxyde zu verwandeln, und die Entstehung solcher Körper bei der nassen Autoxydation neben Produkten einfacher Oxydation (durch atomistischen Sauerstoff) ist also wohl erklärlich.[1]) Dabei mag dahin gestellt bleiben, ob diese Körper im einzelnen durch einen reversiblen oder irreversiblen Prozess entstehen und ob sie durch innere Umlagerung etwa weitere Veränderungen erleiden.

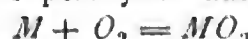
1) Ob Stoffe wie Triaethylphosphin, welche gleichzeitig die Eigenschaft haben unlöslich in Wasser zu sein und keine Ionen zu liefern nicht bei näheren Studium Komplikationen erkennen lassen, bin ich bemüht zu ermitteln.

Ja es könnten auch reversibel entstehende und vergehende Superoxyde auf der linken Seite des Gleichgewichtes gedacht werden



aber soviel ich sehe, verlangt das Beobachtungsmaterial diese Annahme nicht.

Der intime Zusammenhang, welcher dieser Auffassung zufolge zwischen Wasser, Wasserstoffsuperoxyd und Autoxydation besteht, nötigt die trockene Autoxydation als ein Phänomen ganz differenter Art zu betrachten.[2]) Hier haben Engler[3]) mit Wild und Weissberg einerseits, Erdmann und Köthner[4]) andererseits entscheidende Belege dafür beigebracht, dass die Bildung eines Superoxydes nach dem Schema



möglich ist.

Von qualitativen Daten, welche den wichtigen Unterschied von trockener und nasser Autoxydation kennzeichnen, seien Dixons[5]) Versuche über die Widerstandsfähigkeit trockener Kohlenoxydsauerstoffmischung gegen zündende Einflüsse und M. Traubes schönes Experiment, dass die Kohlenoxydflamme in trockener Luft erlischt, angezogen. Es ist ferner an die Widerstandsfähigkeit zahlreicher unedler Metalle gegen trockene Luft, die schon Traube betont, zu erinnern und auf den fördernden Einfluss zu verweisen, den das Wasser auf die Wasserbildung aus Knallgas, auf die Verbrennung von Schwefel und Phosphor,[6]) schliesslich auf die zahlreichen technologisch so wichtigen Prozesse des Verbleichens und Verschiessens ausübt.

Eine gelegentliche Bemerkung von Engler und Weissberg[7]) legt die Vermutung nahe, dass die durch trockene Autoxydation entstehenden Superoxyde chemisch von jenen verschieden sind, welche durch nasse Autoxydationsprozesse entstehen und damit wäre ein

1) Diesen Gedanken findet man bereits bei Manchot l. c. im Anschluss an Beobachtungen von Bamberger und Wolffenstein.
2) Man vergl. auch Nef, Ann. der Chemie 298, S. 298.
3) Ber. d. Deutschen chem. Ges. Bd. 30, S. 1669; Bd. 31, S. 3046, 3055; Bd. 33, S. 1090 ff.
4) Ann. der Chemie 294, S. 66.
5) Chem. News 46, S. 151 u. 152.
6) Ewan l. c. S. 343.
7) Ber. d. Deutschen chem. Gesellschaft Bd. 31, S. 3054.

weiterer Hinweis auf die notwendige Scheidung beider Materien gegeben, die nach der hier vertretenen Anschauung eine einfache Begründung findet.

Eine nähere Betrachtung der vorstehenden Darlegungen führt auf die Wahrnehmung einer Lücke, gleichviel ob man vom dynamischen, atomistischen oder experimentellen Standpunkt aus an den Gegenstand herantritt.

Dynamisch folgt aus der Erwägung, dass eine Wasserstoffsuperoxydelektrode auch als eine Sauerstoffelektrode betrachtet werden darf

$$E = -\frac{RT}{2F} ln\, C_{H_2O_2} \cdot C^2_{\bar{O}H} + const. = \frac{RT}{4} ln \frac{C_{O_2}}{C^4_{\bar{O}H}}$$

und somit $C_{O_2} \cdot C^2_{H_2O_2} = const'$.

Dies besagt, dass bei gegebener Sauerstoffkonzentration die Wasserstoffsuperoxydkonzentration nicht mehr eine unabhängige Variable, sondern für den Fall des Gleichgewichtes fest definiert ist.

Denselben Schluss zieht man aus dem von Ostwald oft benutzten Satze, dass zwei Gebilde, wenn sie auf eine Weise im Gleichgewichte sind, es auf alle Weise sind. Zwei Sauerstoffformen O_2 und O können also bei einer gegebenen Wasserkonzentration nur bei einem einzigen Superoxydbetrage im Gleichgewicht sein.

Atomistisch erhebt sich der Einwand, dass unmöglich die Gleichung



$$O_2 + H_2O \rightleftarrows H_2O_2 + O$$

die einzige Form des Zusammenhanges beider Sauerstoffformen bilden kann, da sonst der Zerfall des Sauerstoffes an die Gegenwart von Wasser geknüpft wäre, was ebenso der Erfahrung über reversible Dissociation von spaltbaren Gebilden durch Hitze zuwiderläuft, wie nach den Grundlagen atomistischer Betrachtung willkürlich erscheint.

Experimentell schliesslich ist von Belang, dass Wasserstoffsuperoxyd von platiniertem oder korrekter von fein verteiltem Platin katalytisch zerlegt wird. Bredig und Müller von Berneck haben diesem Gegenstande, wie eingangs erwähnt, eine eingehende Untersuchung gewidmet und die kinetische Reaktionsgleichung



$$H_2O_2 = H_2O + O \qquad 5)$$

ermittelt. Wenn das Gleichgewicht nach 4) die einzige Form des Zusammenhanges beider Sauerstoffformen wäre, so liesse sich nicht erkennen, woher jener Verlust an freier Energie, der die Triebkraft der Katalyse vorstellt, bei wie immer gewählter Superoxydkonzentration käme. Es würde sich in jedem Falle vielmehr die dem Superoxydgehalt entsprechende Konzentration atomistischen Sauerstoffes herstellen und das System würde damit ohne messbaren Umsatz wieder im Gleichgewicht sein.

Die Beseitigung dieser scheinbaren Unverträglichkeiten bildet die Aufstellung der Beziehung



$$O_2 \rightleftarrows O + O, \qquad 6)$$

die im Gegensatz zu Gleichung 4) als der Zusammenhang der Sauerstoffformen ohne Wasservermittlung bezeichnet werden darf.

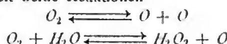
Die charakteristische Eigenschaft des fein verteilten Platins, Wasserstoffsuperoxyd zu katalysieren, erscheint nun als die Fähigkeit, die Herstellung des Gleichgewichts 6) ebenso wie die von 4) zu veranlassen und so in Gegenwart einer gegebenen Konzentration an Wasser und molekularem Sauerstoff jede willkürliche Superoxydkonzentration auf den eindeutig definierten Wert zurückfallen zu lassen, welcher ihr im stabilen Gleichgewicht zukommt. Man erkennt sofort, dass dieser Wert durch die Gaskette definiert ist, also für HH-Ionen $^1/_1$ n. als Nullmarke bei 1,08 Volt liegt. Die Fähigkeit der Gaskette, umkehrbar zu arbeiten, erscheint damit in einem neuen Lichte, welches auch den doppelten Knickpunkt der Nernst-Glaserschen Zersetzungskurven in einer neuen Art zu verstehen erlaubt. Erkennt man nämlich in der Fähigkeit, Wasserstoffsuperoxyd zu katalysieren, das Merkmal für die Eigenschaft des Platins, beide Sauerstoffformen mit Wasser und Wasserstoffsuperoxyd ins Gleichgewicht zu bringen und erwägt man, dass diese Fähigkeit von der feinen Verteilung des Platins wesentlich abhängt, so wird man an blankem Platin die Sauerstoffentladung bei der Elektrolyse im wesentlichen an einer anderen Stelle suchen als bei platiniertem. Liegt sie hier bei 1,08 Volt, so wird sie dort bei einem höheren Spannungswerte auftreten, weil der Sauerstoff nicht mittels des Gleichgewichtes, sondern unter Verlust an freier Energie austreten muss, indem das Gleichgewicht sich nicht oder sehr mangelhaft herstellt. Das ist, wie man sieht, die traditionelle Ansicht, nur vermehrt um ein Moment, welches den Verlust an freier Energie von 0,6 Volt, den die Erfahrung lehrt, nicht mehr unerklärlich erscheinen lässt, indem die mangelnde Fähigkeit, Superoxyd prompt zu katalysieren, zur Begründung herbeigezogen wird. Es sei daran erinnert, dass Nernst eine abweichende Deutung gegeben hat, indem er O-Ionen, deren Existenz im Wasser Küster vermutet hat, zur Erklärung des Punktes 1,08, OH-Ionen zu der des Punktes 1,68 Volt verwendet. Luther und Ostwald[1]) haben dieser Deutung widersprochen, weil sie voraussetzt, dass die Ionengleichgewichte sich in diesem Falle nur langsam herstellen.

Greifen wir nun auf die Autoxydation zurück, so erscheint deren Gesamtbild unter dem Ge-

---

1) Zeitschrift für physikal. Chemie 29, S. 181.

sichtspunkte, dass die dem fein verteilten Platin eigene Fähigkeit dort nirgends hervortritt, die Fähigkeit beide Reaktionen



$$O_2 \rightleftarrows O + O$$
$$O_2 + H_2O \rightleftarrows H_2O_2 + O$$

in gleicher Weise auszulösen. Wenn sich bei trockener Autoxydation Superoxyde bilden, indem der Sauerstoff als Molekül sich anlagert, wenn bei nasser Autoxydation auf jedes Atom verbrauchten Sauerstoffs ein Mol Wasserstoffsuperoxyd entsteht, wenn die trockene Verbrennung von Kohlenoxyd misslingt, so lassen sich alle diese Dinge übereinstimmend als Folgewirkungen des Umstandes verstehen, dass das Gleichgewicht nach 6) sich in diesen Fällen mangels eines Katalysators nicht herstellt und der Vorgang gemäss 4) beherrschend auftritt. Die eigentümliche Schwierigkeit, welchen solche Gleichgewichtsherstellungen bei gewöhnlichen Temperaturen begegnen können, sind allbekannt. Bestehen doch Wasserstoff und Sauerstoff ungestört neben einander, obwohl ihre Vereinigung einen ausserordentlichen Verlust an freier Energie bedingt, und selbst Chlor und Wasserstoff bedürfen zur Vereinigung der auslösenden Wirkung des Lichtes.

Gegenüber früheren Betrachtungen, in denen die Annahme atomistischen Sauerstoffs neben molekularem als prozentisch äusserst geringem, dynamisch äusserst wichtigem Spaltstück gemacht wurde, ergiebt sich nun für die hier vertretene Anschauung folgender Unterschied. Während man früher auf dem Gleichgewicht 6), als dem einzigen Zusammenhang fussend, die Gegenwart von Wasser als Zufälligkeit betrachtete und somit das ungestörte Zustandekommen des Gleichgewichtes nach 6) annehmen musste, wenn man überhaupt Wirkungen atomistischen Sauerstoffs behaupten wollte, fällt hier der Nachdruck auf das Gleichgewicht 4) und wesentliche Vorgänge finden ihre Deutung darin, dass der Vorgang nach 6) ohne geeigneten Katalysator unterbleibt, bezw. verschwindend langsam geschieht.

Es bedarf wohl kaum des erneuten Hinweises, dass im strengen Wortsinn nur ein Gleichgewichtszustand von Wasser, Wasserstoffsuperoxyd und Sauerstoff möglich ist. Die Einzelgleichgewichte 4) und 6) sind scheinbare Gleichgewichte, oder vielleicht richtiger ein kurzer Ausdruck für den Umstand, dass die eine Beziehung vor der anderen den Vorzug eines ausserordentlich viel rascheren Ablaufs besitzt.[1])

Eine abschliessende Betrachtung würde die Berücksichtigung des vorliegenden Materials über die Reaktionskinetik der Autoxydation erheischen. Aber hier sind die experimentellen Ergebnisse, welche wesentlich Ewan gesammelt hat, nicht genügend durchsichtig.

1) Vergl. Bodenstein, Z. f. physik. Chem. Bd. 29, S. 147 ff.

Dass bei nassen Autoxydationen Reaktionsgeschwindigkeiten der ersten Ordnung leicht verständlich sind, ergiebt sich aus der Betrachtung der früher dafür gegebenen Schemata. Bei der trockenen Autoxydation ist die Schwierigkeit erheblich, in den untersuchten Fällen die chemischen Vorgänge zu durchschauen, welche den Zusammenhang der gewählten Variabeln bedingen. Zu betonen ist, dass die Superoxydbildung bei trockener Autoxydation nach der hier vertretenen Anschauung als eine Regel erscheint, welche auf der Erfahrung beruht und sehr wichtig ist, dass aber Ausnahmen davon, bedingt durch Gegenwart eines Katalysators für das Gleichgewicht 6) nicht unmöglich erscheinen.

Es ist von Wichtigkeit hervorzuheben, dass die Frage hier ganz unerörtert bleibt, worauf die eigentümliche Fähigkeit des Platins, die erläuterten katalytischen Wirkungen zu üben, beruht. Bredig und Müller von Berneck haben in ihrer angezogenen Untersuchung die theoretischen Anschaungen beleuchtet, welche darüber in der Litteratur bekannt sind, die Ähnlichkeit und Abweichung, mit welcher diese katalytischen Phänomene bei anderen Substanzen auftreten, in Erweiterung eines älteren Beobachtungsmaterials eingehend erforscht und es sei erneut auf ihre Darlegungen verwiesen. Das hier gewählte Vorgehen charakterisiert sich als eine Umgehung der Frage, die zur Zeit wohl als nicht spruchreif zu bezeichnen ist und deren Erledigung, wie ich zu vermuten wage, die hier erörterten Zusammenhänge in anderem Gewande, aber innerlich gleichartig wird wiedergewinnen lassen. Voraussichtlich wird eine tiefer greifende Betrachtung auch das Ozon in seinen Beziehungen zu Sauerstoff, Wasser und Wasserstoffsuperoxyd und eventuell die Beobachtungen von Berthelot und Bach[1]) über höhere Wasserstoffsuperoxyde mit berücksichtigen müssen.

Von der experimentellen Seite her habe ich seit längerer Zeit die Frage nach den Wasserstoffsuperoxydpotentialen verfolgt, zuerst in Gemeinschaft mit Herrn Victor Rodt, sodann als dieser verhindert war sich dem Gegenstand weiter zu widmen, gemeinsam mit Herrn Dr. Bran, und wir werden an anderer Stelle das Beobachtungsmaterial mitteilen.

Hier sei nur angegeben, dass die Beziehung

$$E = -\frac{RT}{2F} \ln C^2_{OH} \cdot C_{H_2O_2} + const$$

nach den früheren Darlegungen für platiniertes Platin den Charakter eines Grenzgesetzes besitzt. Denn diese Formel wird den Vorgang nur dort beherrschen, wo das Gleichgewicht nach 4) ausschliesslich regiert und diese Bedingung ist am platinierten Platin niemals erfüllt. Die Annäherung wird um so vollständiger sein, je mehr die Ge-

1) Bach, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 33, S. 1506.

schwindigkeit von 4) gegen die von Gleichung 6) vorwiegt. Die Beobachtung lehrt, dass bei Konzentrationen $> 0{,}5\%$ H_2O_2 der Abfall des Potentials in schwefelsaurer Lösung bei steigenden Zusätzen von Wasserstoffsuperoxyd rasch kleiner und bald unmerklich wird. Diese Abweichung lässt sich verstehen als die Folge von Sauerstoffübersättigungen in der Platinoberfläche, welche als Folge der intensiven Katalyse auftreten. Die Elektrode ist bei diesen Konzentrationen in einen Schleier von Gasblasen gehüllt. Bei Konzentrationen von $< 0{,}0003\%$ misslingt es, das Platinpotential auf den Betrag zu drücken, welcher der Formel entsprechen würde. Am oberen wie am unteren Ende der Kurve beobachtet man also eine Krümmung im gleichen Sinne und es kommt vor, dass das Verdünnungsgebiet, in welchem der Logarithmus der Superoxydkonzentration mit den Potentialwerten durch die erwartete Gerade verknüpft ist, auf ein Minimum zusammenschrumpft. Aber andererseits hat sich in zahlreichen Fällen diese Gerade mit der durch die Formel definierten Neigung in einem Intervall von ca. 0,04 Volt ergeben, sodass angesichts der besonderen Schwierigkeit, welche Wasserstoffsuperoxydelektroden der Messung bieten, befriedigende Übereinstimmung erzielt scheint.

Karlsruhe, Chem.-techn. Institut der Hochschule, 9. Juni 1900.

(Eingegangen 11. Juni 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die flüssigen Krystalle.

Von Rudolf Schenck.

(Schluss.)

Die Untersuchungen über die krystallinischen Flüssigkeiten sind seiner Zeit von mir unternommen worden in der Hoffnung, dass sie sich als ein brauchbares Material erweisen würden, um einige allgemeine Fragen, welche den krystallinischen Zustand betreffen, zu lösen. Sie gestatten ja die Anwendung all der Untersuchungsmethoden, welche wir sonst bei Flüssigkeiten benutzen. Die Starrheit der festen Krystalle und die Schwierigkeit ihrer Behandlung trägt die Schuld daran, dass wir bezüglich vieler Fragen über den krystallinischen Zustand noch völlig im Unklaren sind.

Spekulationen über das Molekulargewicht der Stoffe im krystallisierten Zustand haben von jeher Chemiker und Krystallographen beschäftigt. Lange Zeit war die Annahme verbreitet, dass die Moleküle, aus denen die Krystalle sich aufbauen, komplizierte Aggregate von chemischen Molekülen seien. Dieser Glaube ist sehr erschüttert worden durch die Untersuchungen F. W. Küsters über isomorphe Mischungen.

Van t'Hoff sieht die isomorphen Mischungen an als feste Lösungen. Unter dieser Voraussetzung lassen sich die Lösungsgesetze und die Gesetze der Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Lösungsmitteln auf die Gemische anwenden, und es wird so der Schluss auf das Molekulargewicht der einen Komponente, welche als gelöster Körper betrachtet werden kann, ermöglicht. Andererseits muss man annehmen, dass die Rolle, welche die Komponenten beim Aufbau der Mischkrystalle spielen, die gleiche ist. Auf diese Weise also könnte man einen Einblick in den molekularen Aufbau der Krystalle gewinnen.

Die Messungen ergaben nun, dass das Molekulargewicht im krystallisierten Zustande von dem im flüssigen und gasförmigen nicht wesentlich verschieden ist, dass es nicht grösser zu sein braucht als in diesen Zuständen.

Es handelte sich aber bei diesen Resultaten um Schlüsse aus einer Annahme, welche nicht ohne Anfechtung geblieben ist. Die Untersuchung einheitlicher krystallisierter Körper war nicht möglich.

Die Untersuchung der flüssigen Krystalle bot Aussicht auf Erfolg. Das Molekulargewicht einer grossen Reihe von Stoffen im flüssigen Aggregatzustand ist von Eötvös und vor allem von Ramsay und Shields untersucht worden. Sie bedienten sich dabei einer Methode, welche eng mit der Van der Vaalsschen Theorie der übereinstimmenden Zustände zusammenhängt. Sie beruht auf der Thatsache, dass der Temperaturkoeffizient der molekularen Oberflächenenergie für die meisten Flüssigkeiten eine konstante Grösse ist. Bezeichnen wir mit γ die Oberflächenspannung, mit M das Molekulargewicht, mit t die Beobachtungstemperatur, mit v das spezifische Volumen, so wird der Temperaturkoeffizient

$$h = \frac{\gamma_1 (M.v_1)^{\frac{2}{3}} - \gamma_2 (M.v_2)^{\frac{2}{3}}}{t_2 - t_1}.$$

Es ist für normale Flüssigkeiten ungefähr 2,12, d. h. die molekulare Oberflächenenergie nimmt pro Grad Temperatur um 2,12 Erg. ab. Die Abweichung von diesem Werte giebt ein Mass für den Grad der Assoziation bei Flüssigkeiten.

Die direkte Übertragung dieser Methode auf die krystallinischen Flüssigkeiten ist nun nicht zulässig, ich[1]) habe aber die molekularen Oberflächenenergien und ihre Temperaturkoeffizienten bestimmt und sie verglichen mit den entsprechenden Werten der isotropen Schmelzflüsse, welche bei höheren Temperaturen aus den flüssigen Krystallen entstehen. Da die Werte dieser Grössen in den beiden Zuständen nicht wesentlich von einander verschieden sind, so scheint mir der Schluss berechtigt zu sein, dass das Molekulargewicht im krystallinisch flüssigen von dem im isotrop flüssigen Zustand ebenfalls nur wenig verschieden ist.

Die molekularen Oberflächenenergien sind berechnet aus der Oberflachenspannung γ, welche aus der kapillaren Steighöhe ermittelt wurde, die erhaltenen Resultate sind die folgenden.

		t	$\gamma \,.\, (M/v)^{2/3}$	h
p-Azoxyanisol	flüss. Kryst.	116,3	1409	2,18
		133,3	1372	
	isotrope Flüssigkeit	135,1	1370	2,39
		153,3	1327	
p-Azoxyphenetol	flüss. Kryst.	134,9	1252	2,38
		165,1	1180	
	isotrope Flüssigkeit	169,4	1174	2,43
		183,8	1139	
Cholesterylbenzoat	flüss. Kryst.	147,4	1479	0,068
		177,2	1477	
	isotrope Flüssigkeit	181,4	1477	1,551.
		210,2	1435	

Das *p*-Azoxyanisol und das *p*-Azoxyphenetol würden danach einfaches Molekulargewicht im krystallinisch flüssigen Zustand besitzen, die Moleküle vom Cholesterylbenzoat sind entschieden assoziiert, die flüssigen Krystalle sogar sehr beträchtlich.

Wir erhalten auf diesem Wege der Molekulargewichtsbestimmung also ähnliche Resultate wie F. W. Küster, die Moleküle der krystallisierten Stoffe brauchen nicht notwendig komplizierter zu sein als die der Flüssigkeiten und Gase.

Die flüssigen Krystalle des Cholesterylbenzoats haben stark assoziierte Moleküle, der Temperaturkoeffizient ist sehr klein, die molekulare Oberflächenenergie also für alle Temperaturen eine nahezu konstante Grösse. Es lässt sich hieraus die merkwürdige Eigentümlichkeit des krystallinisch-flüssigen Cholesterylbenzoats, mit steigender Temperatur eine Zunahme der kapillaren Steighöhe zu zeigen, erklären. Es ist nämlich bei sehr grosser Assoziation

$$\gamma \,.\, (M \,.\, v)^{2/3} = \text{konst.} = 0{,}5 \,.\, g \,.\, r \,.\, M^{2/3} \,.\, h \,.\, s^{1/3},$$

es bedeutet

g die Beschleunigung der Schwere,
r den Radius der Kapillare,
M das Molekulargewicht der Substanz,
h die kapillare Steighöhe,
s die Dichte der Flüssigkeit,

ausser h und s bleiben alle Grössen bei Temperaturänderungen konstant, die Dichte nimmt mit steigender Temperatur ab, die Folge davon ist, dass, damit der Gleichung genügt wird, h mit zunehmender Temperatur wächst.

Wir haben schon oben die Frage nach dem Wesen der isomorphen Mischungen krystallisierter Stoffe berührt. Darf man sie als Lösungen auffassen, der Van t'Hoffschen Auffassung entsprechend, oder haben die Lösungsgesetze hier keine Giltigkeit? Die letztere Ansicht ist namentlich von Bodländer vertreten worden.

Aus dem flüssig-isomorphen Krystallgemisch *p*-Azoxyanisol — *p*-Azoxyphenetol haben Fr. Schneider[1]) und ich den Beweis für die Richtigkeit der Van t'Hoffschen Auffassung erbringen können. Da wir annehmen, dass sich die festen Krystalle nur durch den Grad ihrer Zähigkeit von den flüssigen unterscheiden, so ist es sehr wahrscheinlich, dass auch die isomorphen Mischungen fester Krystalle als Lösungen anzusehen sind.

Der Beweis wurde in folgender Weise geführt. Die flüssigen Krystalle des *p*-Azoxyanisols vermögen fremde Stoffe, z. B. Thymol aufzulösen, durch diesen Zusatz wird der Erstarrungspunkt, die Übergangstemperatur aus dem festen in die flüssigen Krystalle herabgedrückt. Die Depressionskonstante für 1 g Molekulargewicht, welches in 100 g *p*-Azoxyanisol gelöst ist, lässt sich daraus berechnen; aus ihr kann man nach der Van t'Hoffschen Beziehung

$$\Delta = 0{,}02 \,\frac{T^2}{q},$$

die Erstarrungswärme ermitteln. Hulett hat dies gethan und 29 Calorien für diese Grösse gefunden. Auch die Auflösung von *p*-Azoxyphenetol in *p*-Azoxyanisol bedingt eine Erniedrigung des Erstarrungspunktes und da die Krystallformen der beiden Azoxykörper im festen Zustande verschieden sind, so ist die Bildung fester isomorpher Mischungen ziemlich unwahrscheinlich. Die Depression ist angenähert dem Zusatz von Azoxyphenetol proportional, die Konstante beträgt 97,4 und es berechnet sich hieraus die Erstarrungswärme zu 31,2 Calorien, sie stimmt also mit dem Hulettschen Wert angenähert überein. Die unter Zugrundelegung der Theorie der Lösungen berechneten Werte wurden mit den kalorimetrischen Messungen der Grösse verglichen. Mit Hilfe des Eiskalorimeters ermittelten wir die

1) Z. f. phys. Chem. 25, 344.

1) Z. f. phys. Chemie 29, 546.

Erstarrungswärme 29,84 Calorien. Sie kommt dem kryoskopisch ermittelten Werte so nahe, dass der Schluss berechtigt ist, die flüssig isomorphen Gemische *p*-Azoxyanisol — *p*-Azoxyphenetol sind als Lösungen anzusehen.

Ein weiteres Problem von allgemeinerer Bedeutung lässt sich mit Hilfe der flüssigen Krystalle sehr gut behandeln, die Beziehung der beiden Arten der Dimorphie zueinander.

Die Zahl der Körper, welche in zwei krystallisierten Modifikationen aufzutreten vermögen, ist sehr gross, wir können die dimorphen Stoffe in zwei Gruppen einteilen, welche scharf von einander unterschieden sind.

Ein bekannter Vertreter der einen Gruppe ist der Schwefel, man kennt ihn in verschiedenen Krystallformen, von denen die monokline und die rhombische die bekanntesten sind. Aus dem Schmelzfluss krystallisiert die monokline heraus, sie geht aber bei Zimmertemperatur allmählich in die rhombische über. Bei der Temperatur des siedenden Wassers dagegen verwandeln sich die rhombischen Krystalle in ein Aggregat von monoklinen. Zwischen diesen beiden Temperaturgrenzen liegt ein Punkt, bei welchem monokliner und rhombischer Schwefel ruhig neben einander liegen können, ohne dass eine Umwandlung in dem einen oder andern Sinne vor sich geht. Diesen Gleichgewichtspunkt pflegt man als Umwandlungspunkt zu bezeichnen, oberhalb desselben erfolgt Übergang aus dem rhombischen in den monoklinen, unterhalb Übergang aus dem monoklinen in den rhombischen Zustand. Durch Erwärmen über oder Abkühlen unter diesen Umwandlungspunkt kann man also willkürlich die eine oder die andere Modifikation erhalten. Dimorphe Körper, welche diese Erscheinungen zeigen, pflegt man nach O. Lehmann als enantiotrope zu bezeichnen.

Es existiert noch eine zweite Gruppe von dimorphen Substanzen, sie tritt uns fast noch häufiger entgegen als die erste. Bei ihnen fehlt der Umwandlungspunkt und die Umwandlung erfolgt nur in einem Sinne, für alle Temperaturen ist die eine Form die stabile, die andere die labile, erhitzt man sie höher, so schmelzen sie. Jede Modifikation hat ihren eigenen Schmelzpunkt und es liegt der der labilen stets tiefer als der der stabilen. Am Benzophenon wurde diese Art der Dimorphie zuerst beobachtet durch Zincke und sie hat sich später bei vielen organischen Substanzen wiedergefunden. Zu dieser Art von dimorphen Substanzen gehört z. B. auch der kohlensaure Kalk in seinen beiden Formen Kalkspat und Arragonit.

Enantiotrop und monotrop dimorphe Körper sind nicht wesensverschieden von einander. Ostwald hat zuerst die Ansicht ausgesprochen, dass der Unterschied lediglich bedingt werde durch die Lage des Umwandlungspunktes zu den Schmelzpunkten. Liegt er unterhalb, so bekommen wir enantiotrope, liegt er oberhalb, so bekommen wir monotrop dimorphe Formen. Alle Mittel, welche geeignet sind, die gegenseitige Lage dieser Punkte zu verschieben, sind auch geeignet zu einer Überführung der beiden Arten der Dimorphie ineinander. So sind z. B. kürzlich durch Tammann derartige Überführungen durch sehr starke Drucke erreicht worden.

Bei dem *p*-Azoxyanisol stehen die feste krystallisierte und die flüssig krystallinische Form zu einander in dem Verhältnis enantiotroper Modifikationen. Fr. Schneider[1]) und ich haben nun gezeigt, dass sich durch starke Zusätze zu dem isotropen Schmelzfluss der Übergangspunkt des krystallinisch flüssigen in die isotrop flüssige Schmelze, der „Schmelzpunkt" der flüssigen Krystalle unter den Erstarrungspunkt, dem „Umwandlungspunkt" dimorpher Körper entsprechend, herabdrücken lässt. Die Erscheinungen, welche man unter diesen Umständen beobachtet, entsprechen ganz denen bei monotropen Körpern. Beim Abkühlen scheiden sich aus dem Schmelzfluss zunächst nicht, wie man das bei der reinen Substanz und bei kleinen Zusätzen beobachtet, flüssige Krystalle ab, sondern feste Krystalle. Beim vorsichtigen Abkühlen unter den Abscheidungspunkt der festen Krystalle lässt sich, wenn man starkes Rühren und die Gegenwart von festen Krystallkeimen vermeidet, aus der isotropen Schmelze auch die trübe, krystallinisch flüssige Form gewinnen, sie geht aber bald, namentlich in Berührung mit einem festen Kryställchen, ihrer ganzen Menge nach in den festen Zustand über. Ihr Abscheidungspunkt liegt unter dem der festen Krystalle, sie ist ja jetzt labil geworden.

Durch Verlegung der Schmelzpunkte unter den Umwandlungspunkt lässt sich also eine Überführung enantiotroper in monotrope Modifikationen bewerkstelligen. Die enorme Grösse der Schmelzpunktsdepression bei den flüssigen Krystallen macht diese Überführung sehr leicht.

Übrigens giebt es auch natürliche monotrope Körper, bei denen flüssige Krystalle auftreten neben festen und zwar als labile Modifikation. Ein solcher Stoff ist das Cholesterylacetat, man kann sich davon leicht mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes überzeugen. Der Schmelzpunkt der stabilen festen Form liegt bei 133°, der der labilen flüssigen Krystalle ist nicht scharf zu bestimmen, doch liegt er zwischen 90 und 100°.

Das sind einige Probleme, welche sich mit

1) Z. f. phys. Chem. 29, 550.

Hilfe der flüssigen Krystalle in relativ leichter Weise haben behandeln lassen. Vielleicht ist es möglich, mit ihrer Hilfe dereinst noch weitere Aufschlüsse über das Wesen des krystallisierten Aggregatzustandes zu gewinnen.

Marburg i. H. (Eingegangen 22. Mai 1900.)

BESPRECHUNGEN.

R. Abegg und W. Herz. Chemisches Praktikum. Experimentelle Einführung in präparative und analytische Arbeiten auf physikalisch-chemischer Grundlage. Göttingen. Vandenhoek & Ruprecht, 1900. Preis gebd. M. 3.60.

„— — — wenn erst das erste für den unmittelbaren Unterrichtszweck bestimmte analytische Lehrbuch in diesem Sinne geschrieben sein wird, was hoffentlich nun nicht lange mehr dauert, — — —", so schreibt Ostwald 1897 in der Vorrede zur 2. Auflage seiner „wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie".

Dieses erste auf modern physikalisch-chemischer Grundlage aufgebaute Lehrbuch liegt in dem „Chemischen Praktikum" von Abegg und Herz vor.

Nur eine möglichst frühzeitige Einführung der neuen einheitlichen Gesichtspunkte vermag dem Anfänger in der analytischen Chemie den notwendigen Überblick über die sonst erdrückende Fülle von Einzelthatsachen zu verschaffen und die reine Gedächtnisarbeit zu erleichtern. Auf Grund dieser durch praktische Erfahrungen gewonnenen Überzeugung haben die Verfasser von der Dissoziationstheorie und dem Massenwirkungsgesetz den umfassendsten Gebrauch gemacht.

Beginnend mit einer Anzahl einfachster präparativer Aufgaben bringt das Buch alsdann kurz die theoretischen Grundlagen der Analyse, sowie die speziellen Reaktionen der Anionen- und Kationenbildner, worauf schliesslich die Tabellen für die praktische Ausführung der Analysen folgen. Während sich der Analysengang für die Basen wesentlich dem der Wallachschen Tabellen anschliesst, tritt als neu ein systematischer Analysengang auch für die Bestimmung der Säuren hinzu. Ein beigegebenes Formular gestattet ausserdem dem Praktikanten, sich selbst eine tabellarische Übersicht der analytischen Reaktionen aufzustellen. Bei der für einen speziell dem Laboratoriumsgebrauch dienenden Leitfaden gebotenen Kürze ist der mündlichen Belehrung seitens des Lehrers noch ein weites Feld geboten.

Möge dem „Chemischen Praktikum" ein möglichst grosser Wirkungskreis beschieden sein!

E. Bose.

A. F. Holleman, Lehrbuch der anorganischen Chemie. In Gemeinschaft mit dem Verfasser herausgegeben von W. Manchot. Leipzig, Veit & Co., 1900. Preis M. 10.—.

Trotz der vielen existierenden Lehrbücher der anorganischen Chemie ist ein nicht zum mindesten von unseren Studenten tief empfundenes Bedürfnis ein solches Buch, welches die neuen Errungenschaften der physikalischen Chemie mit dem lange bekannten Thatsachenmaterial der anorganischen Chemie älterer Jahre zu einem lebendigen Ganzen vereinigt. Diese ebenso schwierige wie lohnende Aufgabe hat der Verfasser in einer Weise gelöst, die alle bisherigen Werke in den Schatten stellt. Sowohl das rein chemische wie das physikalisch-chemische Material zeichnet sich durch eine sachgemässe Auswahl und absolute Zuverlässigkeit aus. Die theoretischen Abschnitte fügen sich stets dort ein, wo die Abhandlung der rein chemischen Thatsachen geeignete Belege liefert, wie dies für den Lehrgang am geeignetsten erscheint. Andererseits erlaubt die gute Registrierung dieser Abschnitte, sich auch im Zusammenhange über rein theoretische Fragen zu orientieren.

Der rein chemische Teil ist den Gruppen des natürlichen Elementensystems gemäss angeordnet, was einerseits eine leichte Orientierung gestattet, andererseits dem Verfasser zu vielerlei interessanten Zusammenfassungen und Vergleichen Anlass giebt, die auch diesen Teil des Buches beträchtlich über das Niveau seiner weniger modernen Genossen erhebt.

Das Werk ist gleichzeitig die Verkörperung einer — nach dem Urteil des Referenten — vollkommenen chemischen Bildung, wie ein Beleg für die hervorragende Tüchtigkeit der modernen holländischen Chemikerschule, welcher es entstammt. Einer ausdrücklichen Empfehlung bedarf es nicht.

R. A.

Personalien.

Das Institut de France ernannte den ord. Professor der theoretischen Physik Hofrat Dr. Boltzmann in Wien zum korrespondierenden Mitglied.

Professor Reinhold Hoppe, Dozent für Mathematik und Philosophie an der Universität Berlin ist im Alter von 84 Jahren gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 40. 7. Juli 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Dicke der „Übergangsschichten".[1])

Von Georges Vincent.

1. Man nimmt allgemein an, dass ein fester oder flüssiger Körper in der unmittelbaren Nachbarschaft seiner Oberfläche nicht als homogen betrachtet werden darf. Die Oberflächenschicht, welche beim Eindringen in den Körper passiert werden muss, um zu Gebieten der homogenen Konstitution zu gelangen, ist, was man eine „Übergangsschicht" heisst. Um das Vorhandensein einer solchen Schicht festzustellen, hat man eine oder mehrere Eigenschaften des betreffenden Körpers und deren Veränderungen mit der Tiefe zu studieren. Eine Klasse dieser Eigenschaften jedoch, die optischen, darf man hierzu nicht benutzen. Hier sind die Erscheinungen zu komplexer Natur, um deutlich interpretierbare Resultate zu liefern. Bei allen von uns angewandten Methoden wurden die gewählten Körper, feste oder flüssige, in dünnen Schichten studiert, um den Einfluss der Oberflächenschichten zu einem vorherrschenden zu gestalten.

2. Von den bis jetzt über unser Thema erschienenen Arbeiten liefern nur die Arbeiten von Quincke (Dünne Schichten von Ag, $Ag\,J_2$ und $Ag\,S$. Pogg. Ann. 137, 1869) und jene von Reinold und Rucker (Phil. Trans. 1877 bis 1893) gute Angaben über die Dicke der Übergangsschichten. Die Versuche dieser drei Physiker lassen sich leicht mit Hilfe der Hypothese der Übergangsschichten erklären; aber da die Verfasser ihre Versuche nicht dahin ausgelegt hatten, und da die Frage überdies nicht völlig gelöst schien, so erschienen neue Versuche notwendig.

Der Verfasser suchte daher die Übergangsschichten dünner Silberblättchen zu studieren, indem er prüfte, wie die elektrische Leitfähigkeit dieser Blättchen sich mit ihrer Dicke änderte.

1) Ausführlich in Ann. Chem. et Phys., März und April 1900. Journal de Physique, Februar 1900.

Die zu untersuchenden Schichten waren auf chemischem Wege auf rechteckigen Spiegelglasplatten hergestellt. An den Enden jeder Schicht wurde der Silberniederschlag etwas verdickt, um hier die Elektroden anlegen zu können. Die Widerstände wurden mittelst der Brückenmethode gemessen.

Was gemessen wurde, war bei jeder Schicht die Oberflächenleitfähigkeit, d. h. das Reziproke des Ohmschen Widerstandes ϱ eines aus einem beliebigen Gebiet der Schicht ausgeschnittenen Vierecks, das so orientiert war, dass die Stromlinien parallel einer der Seiten verliefen. Eine Differentialmethode gestattete alle Korrektionen und jeden Parasitwiderstand (Verbindungsdrähte, Elektroden u. s. w.) genau zu eliminieren.

Nach der Verwandlung in Jodid wurden die Schichtdicken E nach 2 Methoden gemessen: 1. nach der von Meslin verbesserten Fizeauschen Methode, die jedoch nur bei kleinen Dicken anwendbar ist und 2. nach der Methode, deren Prinzip von Wiener angegeben ist, und die für alle Dicken angewandt werden kann.

Die graphische Aufzeichnung der erhaltenen Resultate (mit E und $\frac{1}{\varrho}$ als Koordinaten) führte zu folgenden Schlüssen:

α) Jede Silberschicht, deren Dicke grösser als 50 $\mu\mu$ ist, besteht aus einer homogenen Schicht von konstanter Leitfähigkeit, die sich zwischen zwei Übergangsschichten befindet, die eine bestimmte, aber geringe Leitfähigkeit haben, und deren Dicke unveränderlich ist.

β) Die Summe der Dicken dieser beiden Übergangsschichten beträgt ungefähr 50 $\mu\mu$.

3. Vergleicht man diese Resultate mit denen Quinckes und denen von Reinold und Rucker, so erhellt, dass auch die Resultate dieser Physiker sich durch Annahme von Übergangsschichten erklären lassen. Diese Übereinstimmung ist sehr wichtig, denn, obwohl die Untersuchungen sich nur auf wenig zahlreiche Körper erstreckten, so waren dieselben doch sehr verschieden, und die Untersuchung geschah

durch Methoden, die untereinander nichts gemeinsames hatten.

Sie gestattet vor allem, den durch diese Methoden ermittelten Übergangsschichten eine objektive Existenz zuzuschreiben und sie lässt ausserdem voraussehen, dass die Summe der Dicken der Übergangsschichten dieselbe für alle Substanzen ist. Wenn diese Schlussfolgerung erlaubt ist, so ist die Annahme auch statthaft, dass bei ein und derselben Lamelle die Dicke einer einzelnen Übergangsschicht die Hälfte der Dicke der beiden ist, (denn diese Summe ist allein der Messung zugänglich) und dass sie ferner $= 25\ \mu\mu$ ist. Dies kann übrigens bis jetzt nur den Rang einer Hypothese beanspruchen, da das experimentelle Beweismaterial noch zu gering ist.

Folgende Fragen wurden auch mit Sorgfalt geprüft: die durch die obenerwähnten Versuche konstatierten Übergangsschichten, z. B. beim Silber, haben den Charakter einer spezifischen Eigenschaft der Materie und rühren nicht von Unreinheiten oder kleinen Löchern auf der Oberfläche her. Mit anderen Worten: es wurde mit reinem Silber und mit wirklichen Übergangsschichten experimentiert. Es wurde ferner die Beziehung zwischen der Dicke der Übergangsschichten und dem Radius der molekularen Wirkungssphäre geprüft, da die Gesamtheit der bis jetzt bekannten Versuchsdaten eine genaue Klarlegung dieser Beziehungen nicht ermöglicht. Das einzige, was man sagen kann, ist, dass der Radius der molekularen Wirkungssphäre höchstens $= 25\ \mu\mu =$ der Dicke einer Übergangsschicht ist.

Schliesslich ist es wahrscheinlich, dass die Dichte und der Brechungsindex sich mit der Tiefe ändern, bevor sie den definitiven Wert erreichen, der erhalten wird, wenn man diese Messungen an kompakten Körpern ausführt. Wenn auch diese so erhaltenen Werte konstant erscheinen, so liegt dies nur am Präzisionsgrad der Messungen. Auf alle Fälle kann man sagen, dass sie sich mit der Tiefe sehr wenig ändern und dass bei einer etwa vorhandenen rascheren Änderung dieselbe nur einen kleinen Bruchteil jeder Oberflächenschicht betrifft. Die Übergangsschichten, die die Begrenzungen eines Körpers bilden, erscheinen uns also von einer Konstitution, die von der inneren sehr wenig verschieden ist, und es giebt nur sehr wenig Eigenschaften, deren Änderungen mit der Tiefe sich einer solchen Empfindlichkeit bestimmen lassen, dass man die Existenz dieser Schichten deutlich darlegen könnte. Dies gilt in noch höherem Grade, wie es die Arbeiten von Reinold und Rucker beweisen, von den Flüssigkeiten als von den festen Körpern.

(Aus dem Französischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 21. April 1900.)

Über gekreuzte Ströme in Gasen.[1])

Von J. Stark.

1. Gekreuzte Ströme in gewöhnlichen Leitern. — Zwei Leiter sollen die Form von langen Cylindern haben, sie sollen sich in senkrechter Stellung so kreuzen, dass ihre Axen sich schneiden. Die Endflächen sollen Elektroden für die Zuführung elektrischer Ströme sein.

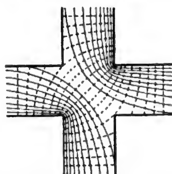
Wir wollen die stationäre elektrische Strömung in der Schnittebene untersuchen, welche die beiden Axen enthält, also in zwei sich kreuzenden langen Rechtecken. Es sei φ_1 die Potentialfunktion für den Fall, dass nur an den Schmalseiten des einen Rechteckes eine elektromotorische Kraft wirkt. Dann gilt bei stationärem Zustand für Punkte innerhalb des Kreuzes $\Delta\varphi_1 = 0$, für Punkte der nicht leitenden Begrenzung $\frac{\partial\varphi_1}{\partial n} = 0$ (n innere Normale). Wenn die leitenden Schmalseiten des zweiten Rechteckes von den Langseiten des ersten relativ weit entfernt sind, dann gilt mit grosser Annäherung auch für sie $\frac{\partial\varphi_1}{\partial n} = 0$; d. h. durch die Anwesenheit der leitenden Schmalseiten des zweiten Rechteckes wird die Verteilung des Potentials φ_1 nicht beeinflusst. Unter ähnlichen Voraussetzungen bestehen für das zweite Rechteck, wenn an seinen Schmalseiten eine elektromotorische Kraft wirkt, die Gleichungen $\Delta\varphi_2 = 0$ und $\frac{\partial\varphi_2}{\partial n} = 0$.

Wirken nun an den Schmalseiten der beiden Rechtecke zwei von einander unabhängige elektromotorische Kräfte, so ist auf Grund der vorstehenden Festsetzungen die Potentialverteilung innerhalb des Kreuzes durch die Gleichung $\Delta(\varphi_1 + \varphi_2) = 0$ bestimmt, und für die nichtleitende Begrenzung gilt $\frac{\partial(\varphi_1 + \varphi_2)}{\partial n} = 0$.

Hieraus kann man graphisch oder rechnerisch die Verteilung und Form der Äquipotential- und Stromlinien ermitteln. Für den Fall, dass in den beiden Rechtecken der Potentialabfall kongruent ist, zeigt die nebenstehende Zeichnung den Verlauf der Strom- (ausgezogen) und Äquipotentiallinien (gestrichelt) in dem gemeinsamen Teil der Rechtecke, dem Kreuzkopf. Während bei Stromlosigkeit des einen Rechteckes die Stromlinien auch in dem Kreuzkopf, besonders in dessen Mitte, nahezu parallel den Langseiten verlaufen, biegen sie bei gekreuzten elektromotorischen Kräften in dem Kreuzkopf von dem einen Rechteck in das andere ab; ihre

1) Ausführliche Abhandlung wird in den Annalen der Physik erscheinen.

Dichte ist in der Mitte des Kreuzkopfes und an zwei Diagonalecken sehr gering, dagegen an den zwei anderen Diagonalecken, von der



Mitte aus zunehmend, gross. Die Stromlinien verbinden nicht mehr gegenüberliegende Schmalseiten, sondern benachbarte; sie durchschneiden sich selbstverständlich nicht, so dass die Bezeichnung gekreuzte Ströme eigentlich nicht ganz richtig ist.

2. Gekreuzte Ströme in Gasen. — Im vorstehenden wurde theoretisch der Fall behandelt, dass in einem gewöhnlichen Leiter zwei elektromotorische Kräfte sich kreuzen. Bei Gasen kann man für diesen Fall nicht von theoretischen Betrachtungen ausgehen, solange man nicht die Gleichung der elektrischen Strömung in ihnen kennt. Aber man kann bei ihnen von der Erfahrung ausgehen und untersuchen, welche Erscheinungen sich zeigen, wenn in ihnen zwei Ströme sich kreuzen.

Ich habe über diese Frage in folgender Weise Versuche[1]) angestellt. An eine Röhre wurden zu dieser in senkrechter, zu einander in axialer Stellung zwei andere mit ihr nahezu gleich weite Röhrenstücke angesetzt, so dass man ein Röhrenkreuz erhielt. Die vier Enden der zwei je 20—25 cm langen Röhren waren mit kurzen dicken Stiftelektroden aus Aluminium versehen. Die Elektroden der einen Röhre wurden mit den Polen einer Hochspannungsbatterie von 1000 Akkumulatoren verbunden; diejenigen der zweiten Röhre mit den Polen einer zweiten Batterie von ebenfalls 1000 Zellen. Wird gleichzeitig durch jede Röhre eines solchen Kreuzes ein für das Telephon stetiger Strom gesandt, so kann man folgendes beobachten.

Wird der gemeinsame Teil der beiden Röhren von der positiven ungeschichteten Lichtsäule nur eines Stromes durchflossen, so zeigt er sich gleichmässig mit Licht erfüllt. Fliessen beide Ströme gleichzeitig, mit ihrem positiven Teil sich kreuzend, so bleibt die Mitte des Kreuzkopfes so gut wie dunkel, ebenso auch zwei Diagonalecken; dagegen tritt an den beiden anderen Diagonalecken, eng an die Glaswand sich drängend, positives Licht auf. Dessen Stärke nimmt von der Mitte des Kreuzkopfes aus gegen die Ecken zu und ist hier unmittelbar an der Glaswand am grössten. Die Verteilung des positiven Lichtes lässt also hier unserem Auge die oben für Leiter theoretisch geforderte Form und Verteilung der Stromlinien unmittelbar erkennen.

Sind die zwei positiven Lichtsäulen geschichtet, so verhalten sich die leuchtenden Schichten in dem Kreuzkopf angenähert wie ungeschichtetes positives Licht.

Greifen die zwei negativen Glimmschichten in den Kreuzkopf mit ihren Enden hinein, so deformieren sie sich gegenseitig nur wenig.

Durchzieht den Kreuzkopf eine positive ungeschichtete Lichtsäule und erstreckt sich in ihn gleichzeitig negatives Licht mit dem sich anschliessenden dunklen Trennungsraum, so wird die positive Lichtsäule ebenfalls wieder an die entsprechende Ecke gedrängt; das Ende des negativen Glimmlichtes dagegen behält seine Lage fast unverändert bei.

Im allgemeinen ist die Lichtverteilung in einer Kreuzröhre bei Schluss der beiden Stromkreise derartig, wie sie sich ergiebt, wenn nicht zwischen zwei gegenüberliegenden Elektroden, sondern zwischen je zwei ungleichnamigen benachbarten Strom fliesst. Dieser Verlauf der Stromlinien wird auch für Leiter nach dem Obigen gefordert.

Immer verhält sich das positive Licht nach der vorstehenden Regel, dagegen behalten die negativen Glimmlichtstrahlen ihre Form und Verteilung nahezu unverändert bei. Von der Erfahrung rückschliessend kann man darum vermuten, dass in dem positiven Licht die elektrische Strömung annähernd noch in derselben Art wie in gewöhnlichen Leitern verläuft, während an der Kathode die Stromlinien eine gewisse Unbiegsamkeit besitzen und ihre an der Kathode erhaltene Richtung unverändert beibehalten. In der Sprache der Ionentheorie drückt sich dieser Gedanke in folgenden Worten aus. Im positiven Lichte sind in erster Annäherung die mittleren Geschwindigkeiten der wandernden Ionen noch proportional dem Gefälle und behalten dessen Richtung; in ihm gilt auch in erster Annäherung $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = o$ für die Begrenzung der Strömung. An der Kathode oder allgemein überall, wo das Gefälle gross ist, gelten diese Sätze nicht mehr.

Göttingen, Physik. Inst. d. Univ., 5. Juni 1900.

(Eingegangen 12. Juni 1900.)

1) Im Physikalischen Institute der Universität München im vergangenen Winter.

Über die Untersuchung der Leitfähigkeit in Gasen mittels Querströme.[1])

Von J. Stark.

1. Leitfähigkeit und Querströme in gewöhnlichen Leitern. — In der vorstehenden Mitteilung habe ich an einem einfachen Beispiel den Fall behandelt, dass in einem Leiter senkrecht zu einander zwei von einander unabhängige elektromotorische Kräfte wirken. Die dortigen Betrachtungen lassen sich mit geringen Abänderungen auf den folgenden Fall übertragen.

Ein Leiter habe die Form eines Cylinders, an seinen Endflächen (Elektroden) wirke eine grosse elektromotorische Kraft. In ihn sollen in senkrechter Stellung zu seiner Axe, in axialer Stellung zu einander dünne, enge, nicht leitende Röhrchen tauchen; diese sollen als Seele einen dünnen Metalldraht besitzen; dieser soll nur auf eine sehr kurze Strecke (bis zu 1 mm) aus dem Ende eines Röhrchens in den cylindrischen Leiter hervortreten. Die kurzen Metallspitzen, die demnach die Röhrchen besitzen, sollen nur wenige Millimeter von einander entfernt sein. An ihnen soll unabhängig von der grossen elektromotorischen Kraft des cylindrischen Leiters eine relativ nur kleine wirken; der von jener erzeugte Längsstrom soll also stark, der von dieser herrührende Querstrom schwach sein. Die Metallspitzen (Querelektroden) sollen, wenn an ihnen keine elektromotorische Kraft wirkt, auf einer Niveaufläche des Längsstromes liegen; von diesem soll sich also kein Teil durch jene abzweigen.

Sind die vorstehenden Forderungen erfüllt und fliessen dann gleichzeitig beide Ströme, so hat man sich die Verteilung der Stromlinien in der Nähe der Querelektroden in folgender Weise vorzustellen. In grösserer Entfernung von diesen laufen auf allen Seiten Linien des Längsstromes unverändert parallel der Cylinderaxe, auch in der Mitte zwischen den Querelektroden ziehen sich Linien des Längsstromes wenig verbogen durch; von den Querelektroden selbst aber gehen ebenfalls Stromlinien weg, indem sie, an ihnen zum Teil scharf abbiegend, nach den ungleichnamigen Elektroden des Längsstromes laufen. Die Querelektroden selbst sind durch keine Stromlinien verbunden.

Da nach den obigen Festsetzungen über die Lage der Querelektroden von dem Längsstrom kein Teil nach diesen sich abzweigt oder die von der Potentialverteilung des Längsstromes herrührende Potentialdifferenz an den Querelektroden Null ist, so ist die Stärke des Querstromes, abgesehen von den übrigen äusseren unveränderlich gedachten Teilen seines Kreises, nur von seiner eigenen elektromotorischen Kraft und der Leitfähigkeit zwischen seinen Elektroden abhängig.

Bringt man darum unter Erfüllung der aufgestellten Bedingungen und Konstanthaltung der in Betracht kommenden Verhältnisse die Querelektroden an verschiedene Stellen des vom Längsstrom durchflossenen Leiters, so kann man aus der Stärke des Querstromes einen Schluss ziehen auf die an den betreffenden Stellen herrschenden Leitfähigkeiten und, wenn man diese auch nicht direkt messen kann, so kann man sie doch mit dem Mass der Stärke des Gasstromes unter einander vergleichen. Ermittelt man empirisch für die einzelnen Werte des Querstromes mit Hülfe eines Leiters von bekannter Leitfähigkeit die zugehörigen Werte der Leitfähigkeiten, so kann man mittels Querströme auch die Werte unbekannter Leitfähigkeiten bestimmen.

Die hier kurz beschriebene Methode, mittels Querströme Leitfähigkeiten zu vergleichen, wird offenbar nur für den Fall heranzuziehen, aber dann als vorläufiges Hülfsmittel zu begrüssen sein, wenn die Leitfähigkeit eines Leiters von einem durch ihn fliessenden Strom verändert oder eine Funktion der Stärke desselben und des Abstandes von den Elektroden ist und wegen unbekannter innerer elektromotorischer Kräfte oder Ladungen nicht mehr aus der Spannungsdifferenz zweier Querschnitte und der Stromstärke berechnet werden kann.

2. Anwendung der Methode der Querströme auf Gase. — Über die Leitfähigkeit von Gasen wissen wir sehr wenig; nur soviel wissen wir, dass sie in bedeutendem Masse abhängig ist von einem durch die Gase gehenden Strom. Dazu dürfen wir mit Sicherheit aus gewissen Thatsachen vermuten, dass in durchströmten Gasen innere elektromotorische Kräfte oder Ladungen auftreten. Bei ihnen werden wir deshalb, um uns wenigstens einigermassen über die Verteilung der Leitfähigkeit zu orientieren, zu der Methode der Querströme greifen.

Unter möglichster Einhaltung der oben für Querströme aufgestellten Bedingungen habe ich Versuche über die Leitfähigkeit durchströmter verdünnter Gase angestellt und zwar sowohl für den Fall, dass die Gase unabhängig von einem elektrischen Strome leiten, als auch für den Fall, dass sie erst durch eine grosse elektrische Kraft in den leitenden Zustand übergeführt werden. Am schwierigsten war bei diesen Versuchen die Bedingung zu erfüllen, dass durch die Querelektroden kein Teil des Längsstromes sich abzweigte. Es gelang mir dies in den meisten Fällen nur annähernd. Um die Sicherheit zu haben, dass die Grösse, der Abstand

1) Ausführliche Abhandlung wird in den Annalen der Physik erscheinen.

und die gegenseitige Stellung der Querelektroden konstant seien, wurden nicht Messungen, die mit verschiedenen Elektrodenpaaren erhalten wurden, miteinander verglichen; es wurde vielmehr dafür gesorgt, dass der Längsstrom in der einen wie in der entgegengesetzten Richtung dieselbe Stärke und Form besass; es konnten dann für seine zwei Richtungen mit demselben Elektrodenpaare Messungen an zwei verschiedenen Stellen des Längsstromes angestellt und mit einander verglichen werden.

3. Leitfähigkeit in erhitzten leitenden Gasen. — Ein verdünntes Gas in der Birne einer Glühlampe nimmt durch intensive Erhitzung von Seite des Glühfadens Leitfähigkeit an; eine beliebig kleine elektromotorische Kraft vermag in ihm einen Strom zu unterhalten. Schickt man nun durch ein so erhitztes verdünntes Gas einen Strom und vergleicht mit Hülfe eines Querstromes die Leitfähigkeit des Gases vor der Anode mit derjenigen vor der Kathode, so ergiebt sich, dass durch einen Strom in einem unabhängig von ihm leitenden Gase die Leitfähigkeit im Vergleich zu seiner normalen Grösse an der Anode erhöht, an der Kathode erniedrigt wird. Diese Erscheinung ist zu erklären[1]) aus der Änderung der Konzentration der leitfähigen Teilchen infolge des Unterschiedes der Geschwindigkeiten der negativen und der positiven Ionen.

4. Räumliche Variation der Leitfähigkeit in durchströmten Gasen. — W. Hittorf[2]) hat gezeigt, dass senkrecht zu einem Strome in einem Gase durch dieses schon mit einer kleinen elektromotorischen Kraft ein Strom gesandt werden kann. Nach Hittorf haben noch mehrere andere Forscher mit den Transversal-, oder wie ich sie nenne, mit den Querströmen in Gasen sich beschäftigt, ohne indes tiefer darauf einzugehen oder die rationellen Versuchsbedingungen zu erfüllen.

Unter Einhaltung der oben aufgestellten Forderungen der Methode der Querströme habe ich mit einer 30 cm langen, 3 cm weiten Röhre mit fünf Paaren Querelektroden Versuche über die Leitfähigkeit durchströmter Gase angestellt. Der für das Telephon stetige Längsstrom wurde von einer Hochspannungsbatterie geliefert.

Meine Versuche ergaben, dass in einem leuchtenden Raume (positives ungeschichtetes Licht, positive leuchtende Schicht, negative Glimmschicht) die Stärke eines Querstromes immer grösser ist als in den unmittelbar benachbarten dunklen Räumen (dunkle positive Schicht, dunkler Trennungsraum, dunkler Kathodenraum). Stellen wir uns auf den Boden der Ionentheorie und nehmen an, dass die mittlere Geschwindigkeit der elektrisch wandernden Ionen in erster Annäherung dem Gefälle proportional ist, so muss den durchströmten Gasen eine spezifische Leitfähigkeit zuerkannt werden. Dann lehrt uns auf jeden Fall das vorstehende Resultat, dass in durchströmten Gasen die Leitfähigkeit räumlich variabel ist.

Zu einem tieferen Verständnis des vorstehenden Versuchsresultates sei an die Vorstellung erinnert, die ich an einer früheren Stelle dieser Zeitschrift (I., S. 397) über den elektrischen Ausgleich in den leuchtenden und dunklen Räumen gab. Ich legte dar, dass in den leuchtenden Räumen eine Gegenwanderung von positiven und negativen Ionen statt hat, in den dunklen Räumen dagegen wesentlich nur eine einseitige Wanderung negativer Ionen. In den dunklen Räumen sind also in der Hauptsache nur negative, in den leuchtenden aber Ionen beider Arten vorhanden. In jenen kann daher wohl die positive, in nur geringem Masse aber die negative Elektrode, in den leuchtenden Räumen dagegen können beide Elektroden ihre Ladung verlieren.

Bemerkt mag noch werden, dass im ungeschichteten positiven Lichte die Stärke eines Querstromes und darum auch die Leitfähigkeit mit der Stromdichte zunimmt und zwar nahezu proportional mit dieser.

Göttingen, Physik. Inst. d. Univ., 7. Juni 1900.

(Eingegangen 12. Juni 1900.)

1) J. Stark, Ann. d. Phys. 2, S. 62, 1900.
2) W. Hittorf, Wied. Ann. 7, S. 614, 1879.

Über magnetische Susceptibilität und Atomvolumen.

Von Stefan Meyer.

In einer kürzlich der Belgischen Akademie der Wissenschaften vorgelegten Abhandlung hat Herr L. Errera[1]) den Standpunkt vertreten, dass man vorläufig keine Veranlassung habe einen näheren Zusammenhang zwischen Atomvolumen und Magnetisierungszahl der Elemente anzunehmen, und sich damit begnügen solle, letztere Grösse einfach als periodische Funktion der Atomgewichte darzustellen. Herr Errera meint weiter, dass man auch heute noch sich der seinerzeit von ihm formulierten Anschauung[2]) anschliessen könne, dass alle geraden Reihen

1) L. Errera, Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (4. ser.) **3**, 152—161, 1900.
2) L. Errera, ebenda (2. ser.) **XLV**, 71, 1878, (3. ser.) **I**, 313, 1881. Vergl. auch Th. Carnelley, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, 1895.

der Mendelejeffschen Anordnung der Elemente paramagnetisch, die ungeraden diamagnetisch seien und äussert seine Zweifel bezüglich der Qualität der in diesen Reihen vorkommenden, blos aus ihren Verbindungen als diamagnetisch charakterisierten Substanzen *Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba*.

Demgegenüber möchte ich hier kurz die Gründe anführen, die meiner Ansicht nach die Auffassung des Herrn Errera als nicht mehr zulässig erscheinen lassen und dafür sprechen, gerade das Atomvolumen als Bezugseigenschaft zu wählen.

Was zunächst den Verlauf der Magnetisierungszahl verglichen mit dem Atomvolumen betrifft, so habe ich denselben durch die Aussage gekennzeichnet,[1]) dass die stark magnetischen Elemente in den Minimis und den diesen vorangehenden Teilen der Kurve Platz finden, den Maximis und ihrer Umgebung diamagnetisches Wesen der Elemente entspricht, und die Extreme gegenüber der Atomvolumenkurve gegen die Seite fallender Atomgewichte ein wenig verschoben seien. Ferner bemerkte ich, dass den sekundären Minimis in der Gegend von *Ge, As*; *Sn*; und *Pb* auch besonders schwach diamagnetische oder selbst schwach paramagnetische Elemente entsprechen. Insbesondere das Zinn ist bisher übereinstimmend stets schwach paramagnetisch gefunden worden.[2]) Was den Sauerstoff anbelangt, so habe ich damals sein paramagnetisches Wesen als Ausnahme angeführt, möchte nun aber darauf hinweisen, dass derselbe in der Atomvolumenkurve eine diesen sekundären Minimis durchaus entsprechende Stellung einnimmt, insbesondere nach den neueren Dichtebestimmungen in verflüssigtem Zustande. Sein Verhalten ist also weniger auffallend als der ausgesprochen diamagnetische Charakter des Kohlenstoffes, als carbone sublimé, Graphit und Diamant.

Dass ich *Pd* und *Pt* noch in die Minima der Kurve gehörig rechnete, während Herr Errera sie den aufsteigenden Kurventeilen zuzählt, mag in einer ungenauen Definition des Begriffes Minimum liegen, welches ich natürlich nicht mit dem tiefsten Punkte nach einer Seite hin begrenzt wissen möchte. Dass *Ca, Sr, Ba* für die von mir vertretene Anschauung keine Ausnahmen[3]) sind, ist dadurch gegeben, dass blos die den Minimis vorangehenden Teile der Atomvolumkurve als paramagnetischen Elementen entsprechend bezeichnet wurden, nicht der ganze absteigende Ast.

1) St. Meyer, Wied. Ann. **69**, 261 und 262.

2) Herrn J. Königsberger, der das paramagnetische Verhalten des Zinns gleichfalls hervorhebt, Ann. d. Phys. **I**, 175, 1900, kann ich aus dem angeführten Grunde nicht unbedingt beistimmen, dass dieses Element nach seiner Stellung im periodischen Systeme als diamagnetisch zu erwarten wäre.

3) L. Errera, l. c., 156.

Es bestehen sonach bezüglich der Zusammenstellung mit dem Atomvolum — ausser etwa dem Kohlenstoffe — keine begründeten Ausnahmen, und gerade, dass nicht nur den Hauptperioden sondern auch den sekundären Perioden, der Atomvolumenkurve, — welch letztere sich übrigens auch noch bei anderen Eigenschaften, die zweifellos mit der Raumerfüllung in engstem Zusammenhang stehen, wie z. B. Schmelzpunkte[1]) und Härte[2]) wiederspiegeln, — entsprechende Änderungen im Verlaufe der Susceptibilität gegenüberstehen, scheint zwingend dafür zu sprechen, dass auch hier ein innerer Konnex bestehe.

Was die Zweifel gegen einzelne Bestimmungen betrifft, so habe ich vor kurzem gezeigt[3]), dass man mit einiger Wahrscheinlichkeit berechtigt ist, die Susceptibilität der Elemente additiv aus derjenigen von Verbindungen zu berechnen, wenn das Molekularvolumen sich auch additiv aus den betreffenden Atomvolumen zusammensetzt. Wo Volumenkontraktion vorhanden ist, da werden die Verbindungen paramagnetischer erscheinen, als sich aus der additiven Berechnung ergiebt. Nun sind die von mir in erster Annäherung gerechneten Zahlen[4]) für *Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr* und *Ba* aus lauter Verbindungen gewonnen, die sich alle als mehr oder minder unter Kontraktion gebildet erweisen, sonach die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass ihr Diamagnetismus eher zu klein als zu gross angegeben ist.

Dass der Paramagnetismus der umgebenden Luft dabei nicht als Fehlerquelle in Betracht kommt[5]) geht schon aus den quantitativen Angaben des Herrn G. Quincke und anderer Forscher hervor, wonach der Paramagnetismus derselben blos rund 4 Proz. desjenigen von Wasser ist, also bei meinen Angaben fast überall ganz vernachlässigt werden darf.

Aus dem Gesagten folgt, dass, da Kohle und Zirkon sicher diamagnetisch sind, obwohl sie in geraden Reihen der Mendelejeffschen Anordnung stehen, und ferner auch mit grosser Wahrscheinlichkeit an dem diamagnetischen Charakter von *Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba* festgehalten werden darf, die Errera-Carnelleysche Beziehung nicht aufrechterhalten werden kann, während einer Zusammenstellung mit dem Atomvolumen innerliche Berechtigung kaum abzusprechen sein dürfte, vielmehr diese vermutlich einen Hinweis über die Abhängigkeit der Susceptibilität von der räumlichen Anordnung der kleinsten Teilchen enthält.

1) Vergl. L. Meyer, Die Atome und ihre Eigenschaften, Fig. I und II.

2) J. R. Rydberg, Zeitsch. f. phys. Chem. **33**, 359, 1900.

3) St. Meyer, Ann. d. Phys. **I**, 668, 1900.

4) St. Meyer, Wied. Ann. **69**, 251, 1899.

5) Herr Errera macht auch diesen Einwand l. c., 158.

Wien, Juni 1900.

(Eingegangen 22. Juni 1900.)

Über einige durch den Erregerdraht Hertzscher Wellen erzeugte photochemische Wirkungen.[1])

Von Thomas Tommasina.

Bei Gelegenheit meiner Versuche über Hertzsche Telegraphie konnte ich entlang des Leitungsdrahtes des strahlenden Apparates, der ja bekanntlich nur die Verlängerung eines der Zweige des Hertzschen Primärleiters ist, rhythmische Geräusche wahrnehmen.

Wie sich voraussehen liess, zeigte sich in der Dunkelheit die Erscheinung als von einer Anzahl leuchtender Büschel herrührend, die sehr beweglich waren und von denen sich mehrere um den Erregerdraht herum zu bewegen schienen. Im übrigen waren diese Büschel sehr ähnlich denen, die man bei der Teslaanordnung an den Leitern beobachtet.

Die Thatsache, die eines weiteren Studiums wert schien, ist die, dass diese Büschel nicht mit den Funken des Righischen Erregers synchron zu schwingen schienen, sondern mit den Bewegungen des Unterbrecherhammers des Induktors.

Ausserdem verbreitete sich bei jedem Erregerfunken eine sehr deutliche Lichtwelle mit Augenblicksgeschwindigkeit über den Draht, ohne die oben erwähnte Büschelerscheinung irgendwie zu beeinflussen.

Um die Erscheinung bequemer und aus grösserer Nähe beobachten zu können, habe ich in den Lauf des Drahtes eine doppelte, innen schwarz gestrichene Schachtel eingeschaltet, die mit einem hermetisch schliessenden Deckel versehen war, und über deren Boden ein sehr feiner Kupferdraht gespannt war. Die Enden dieses Drahtes verliessen die Schachtel durch zwei sehr enge Löcher, und waren hier mit Klemmschrauben verbunden, an denen andererseits die Enden des Strahlungsdrahtes befestigt waren. Wurde der Apparat in Thätigkeit gesetzt, so konnte sofort die Bildung einer Reihe leuchtender Streifen beobachtet werden, die unregelmässig verteilt waren, sich aber dann in ungefähr gleichen Abständen bildeten, wenn der Erreger auf den Unterbrecher abgestimmt wurde.

Wenn man die Intensität des Primärstromes so verminderte, dass die oszillierende Luminiscenz fast verschwand so zeigte sich die Wirkung eines jeden Erregerfunkens durch ein momentanes starkes Aufleuchten.

Da sich mit Hülfe eines Objektivs die Erscheinung nicht photographieren liess, so versuchte ich es mit der direkten Wirkung der Ausströmungen auf die empfindliche Schicht photographischer Trockenplatten.

Ich schnitt eine Trockenplatte der Länge nach auseinander, legte die beiden Hälften mit der empfindlichen Schicht aufeinander, und dazwischen den strahlenden Draht. Ein Stück Nussbaumholz von 6 cm Dicke wurde darauf gelegt, und dieses drückte durch sein Gewicht die Platten genügend gegen den Draht. Bei geschlossenem Deckel konnte kein Licht in die Schachtel eindringen. Ich setzte die Platten der Wirkung der Ausströmung während verschiedener Zeiten, von der eines Funkens bis zu 10 Sekunden aus und entwickelte.

Beim Entwickeln erschien das Bild langsam und sehr regelmässig, und verhielt sich im ganzen wie eine Platte, die eine richtige Expositionszeit hatte.

Es waren immer mehr oder weniger einfache oder gekrümmte, gut gezeichnete Verzweigungen, die immer in senkrechter Richtung zum Drahte ihren Anfang nahmen. Mit der Dauer der Wirkung vermehrte sich ihre Zahl. Ich habe bei jedem Versuch bemerkt, dass die auf der einen Platte sehr deutlichen Eindrücke sich auch auf der anderen zeigten, aber flauer, und viceversa, was eine sehr beschränkte photochemische Wirkung anzeigen könnte, die auch ausserhalb der elektrischen Kraftlinien existiert.



Fig. 1.

Fig. 1 wurde in der Weise erhalten, dass der Draht auf ein beliebiges Stück Glas gelegt wurde, gleichzeitig mit einigen Geldstücken, um die Induktion zu studieren. Darüber wurde die photographische Platte mit der Schicht nach unten gelegt. Auf diesem Bilde sieht man ausser der Wirkung jedes Büschels auch die eines sehr regelmässig diffusen Lichtes, welche jedenfalls von einer Reflexion an der als Unterlage dienenden Glasfläche und an den Metallstücken herrührt. Dieser Schluss bestätigt obige Deduktion.

Fig. 2 beweist die rein elektrische Wirkung; bei diesem Versuche blieben alle Bedingungen die nämlichen, nur dass die Geldstücke durch

1) C. R. vom 28. Mai 1900.

ein dünnes Aluminiumblech ersetzt waren. Man sieht die regelmässig begrenzten Büschel ohne jede Nebenwirkung diffusen Lichtes; ihre Länge zeigt im zentralen Teil eine kleine Verminderung.

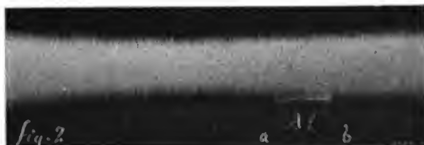


Fig. 2.

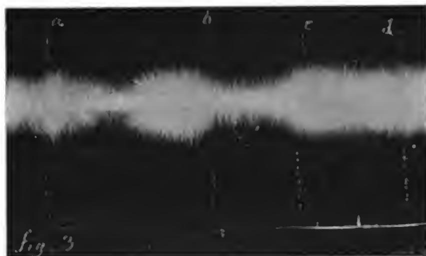


Fig. 3.

In Fig. 3 befand sich parallel zum strahlenden Drahte ein isolierter feiner Kupferdraht. Auf der Platte befand sich ein prismatisches Holzstück, und ein Eisenstück ähnlicher Form, jedoch kleiner. Das Holz befand sich bei *a b*, das Eisen bei *c d*. Unter diesem letzteren zeigten sich die Strahlungen gleich lang, jedoch in der Krümmungsrichtung etwas verkürzt; ausserdem sieht man kurze Büschel da, wo die Ausströmungen den isolierten Draht berühren. Zwischen *a* und *b* kreuzen sie sich im Gegenteil unregelmässig und zeigen gegen die Mitte zu ein weit ausgesprocheneres Minimum. Endlich, zwischen *b* und *c*, da wo nichts auf der Platte lag, sind die Büschel senkrecht zum Drahte und ähneln denen der Fig. 1.

Fig. 4 stellt die durch Schallschwingungen modifizierten Ausströmungen dar, die unter der Wirkung der nämlichen elektrischen Kräfte entstehen, wenn man dem Drahte eine entsprechende Spannung verleiht. Ich werde in einer weiteren Mitteilung eine Anzahl ähnlicher durch spezielle Versuchsanordnungen erhaltenen Erscheinungen beschreiben, die geeignet sein dürften, eine Theorie über das Wesen elektromagnetischer Strahlung zu unterstützen. Die Beobachtungen Borgmanns[1]) in verdünnten Gasen über die Umwandlung leuchtender Streifen in Schichten, wurden auch durch meine Beobachtungen bestätigt. Auf anderen Platten ist dies deutlich sichtbarer, aber es wird genügen, die Aufmerksamkeit speziell auf Figur 4 zu lenken, wo die leuchtenden Kurven auf beiden Seiten des Drahtes identisch sind, was auf Umdrehungsflächen um den Draht hinweist, von denen die Platte einen Hauptschnitt wiedergibt.

Die magnetische Natur des Strahlungsdrahtes scheint keinen Einfluss auf das Phänomen zu haben, so lange der Draht wenig gespannt ist. Seine Dicke hat dagegen einen beträchtlichen Einfluss. Je dünner der Draht, um so kürzer sind die Büschel und um so geringer ihre gegenseitige Entfernung.

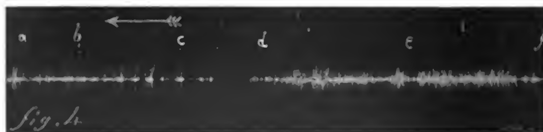


Fig. 4.

Es scheint also wirklich, dass der betreffende Draht die Rolle einer Kapazität spielt, deren sämtliche auf der Oberfläche gelegenen Moleküle die durch die Entladungen erzeugte

1) C. R. vom 30. April 1900.

Schwingungsbewegung von einem zum andern verbreiten.

Diese Bewegung würde sich also gleichzeitig den Molekülen der die Umgebung bildenden Substanz mitteilen, d. h. dem Äther, den Strahlungslinien des Drahtes entlang auf einer unendlich grossen Anzahl unter sich paralleler und zur Axe des Drahtes senkrechter Ebenen.

(Eingegangen den 22. Juni 1900.)

(Aus dem Französischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

REFERATE.

Allgemeine Chemie.

Besorgt von Privatdozent Dr. A. Coehn.

Über die durch die Zeit oder durch das Licht bewirkte Hydrolyse einiger Chlorverbindungen von Platin, Gold und Zinn.

Von F. Kohlrausch.[1]

Schon J. Wagner[2]) wie Dittenberger und Dietz[3]) haben bemerkt, dass Platinchlorid, das als Sauerstoffsäure etwa von der Form $Pt\,Cl_4\,OH_2$ in wässriger Lösung existiert, mit der Zeit eine starke Zunahme seines Leitvermögens zeigt. Verfasser untersuchte diesen Vorgang genauer und fand, dass die Lösungen, auch wenn sie vor Licht geschützt in Widerstandsgefässen aufbewahrt werden, eine nicht unerhebliche allmählich sich verlangsamende Zeithydrolyse besitzen, deren Ganggeschwindigkeit unabhängig von der Konzentration ist. Relativ genommen steigt am raschesten — in 100 Tagen beinahe auf den dreifachen Wert — das Leitvermögen der Normallösung, die mit platinierten Elektroden in Berührung stand, dann folgt $^1/_{1000}$-norm., obwohl die Elektroden nicht platiniert waren, mit über 100 Prozent, zuletzt $^1/_{100}$- und $^1/_{10}$-norm. mit etwa 60 bezw. 50 Prozent, deren Elektroden wieder mit Platin vorher bezogen waren. Bewahrt man die drei letzten Lösungen — immer vor Licht geschützt — in elektrodenlosen Gefässen auf, so ändert sich die $^1/_{10}$-norm. am stärksten und zwar fast genau wie vorher, die $^1/_{100}$-norm. um keine 20 Prozent, die $^1/_{1000}$-norm. nur unbedeutend. Befindet sich letztere Lösung jedoch in einem Gefäss mit platinierten Elektroden, so steigt das Leitvermögen rapid in 23 Stunden um etwa 30 Prozent und in 50 Tagen um 150 Prozent. Die Umgebung der dunkel aufbewahrten Lösungen übt also einen katalytischen Einfluss aus, an dem vor allem die Elektroden, auch wenn sie nicht platiniert sind, hervorragend beteiligt sind.

Werden die Lösungen dem Licht ausgesetzt, so steigt das Leitvermögen bis zu einem Maximum, das bei einer $^1/_{1000}$-norm. den drei- bis vierfachen Wert der Ausgangsgrösse bildet und voraussetzt, dass alles Chlor als HCl vorhanden ist. Je konzentrierter eine Lösung ist, desto geringer ist ihr prozentisches Wachstum. Wird eine $^1/_{1000}$-normale Lösung aus einer $^1/_{100}$ hergestellt, die durch Belichten den Grenzwert ihres Leitvermögens erreicht hat, so zeigt sich die Wirkung der vorausgegangenen Lichthydrolyse darin, dass die neue Lösung sofort mit einem um 50 Prozent höheren Wert einsetzt, der durch weiteres Belichten wiederum gesteigert werden kann. Belichtet man die Flüssigkeiten in der Weise, dass das Licht nur die Lösung trifft, während die Elektroden beschattet sind, so steigt das Leitvermögen wie vorher. Die Elektroden sind also ohne Einfluss auf die Lichthydrolyse. Es gelingt nicht, in der Wintersonne eine so starke Hydrolyse zu erreichen, wie in der Märzsonne, doch bewirkt selbst Auerlicht eine geringe aber deutlich nachweisbare Zunahme des Leitvermögens. Untersucht man den Einfluss der Wellenlänge des Lichtes, so findet man, dass die brechbaren Strahlen den Hauptanteil an der Lichthydrolyse haben, die also nicht nur in Wärme umgesetzt werden, sondern auch zugleich chemisch einwirken. Mit dem Steigen des Leitvermögens ändert sich die Farbe der Lösung. An den grossen Verdünnungen zeigt sich eine andere bemerkenswerte Erscheinung: „Der mit einer Linse in die Flüssigkeit geworfene Lichtkegel prägte sich sowohl mit Sonnenlicht wie mit der elektrischen Bogenlampe in der bekannten Weise durch ein blaugraues Leuchten aus, welches unter vorübergehender Schlierenbildung innerhalb des Lichtkegels durch die Belichtung gesteigert wurde“, sodass man an Fluorescenz denken könnte. „Indessen fehlte die Erscheinung im ersten Augenblick vollständig und zeigte sich, einmal eingetreten, auch in dem Licht beliebig gefärbter Glasplatten, und zwar mit merklich derselben Färbung, wie wenn der Lichtkegel von weissem Licht erzeugt und durch das gefärbte Glas angesehen

1) Zeitschr. f. physikal. Chem. **33**, 257, 1900.
2) Ebenda **28**, 66, 1899.
3) Wied. Ann. **68**, 853, 1899.

wurde." Da eine $^1/_{100}$-normale Lösung diese Erscheinung nicht zeigt, so ist Verfasser der Ansicht, dass die verdünntesten Lösungen durch Belichtung unter Ausscheidung eines ultramikroskopisch feinen Stoffes, vielleicht von $Pt(OH)_4$ zersetzt werden, während bei einer $^1/_{100}$-normalen die anwesende Wassermenge oder die dem Vorgang vorausgehende Ionendissociation oder Hydrolyse eine weitere Spaltung nicht gestattet. Durch einen Vergleich der Grenzwerte der Äquiv.-Leitvermögen vor der Hydrolyse gelangt man zu der Auffassung, dass man es hier mit einer einbasischen Säure von mässiger Konzentration zu thun hat. Der Verfasser schliesst sich der Ansicht J. Wagner (l. c.) an, dass die Hydrolyse nach folgender Formel vor sich geht:



$$2\,H_2\,Pt\,Cl_4\,O = H_2\,Pt\,Cl_6 + Pt\,Cl_2\,O + H_2\,O\,,$$

wobei dann allerdings das Licht auf $H_2\,Pt\,Cl_6$ und vielleicht auch auf $Pt\,Cl_2\,O$ weiter einwirkt.

Die Platinchlorwasserstoffsäure, $H_2\,Pt\,Cl_6$, verhält sich in Lösungen von 0,1 normal inklusive aufwärts zeitlich konstant und gegen das Licht unempfindlich. Bei einer 0,01-normalen steigert die Lichthydrolyse das Leitvermögen um 4 Prozent, während die verdünntesten wieder soweit zersetzt werden, dass z. B. eine 0,0002-normale Lösung ein Leitvermögen besitzt, als ob alles Cl als $H\,Cl$ vorhanden sei. $Pt\,Cl_4$, $2\,H\,Cl$ leitet als zweibasische Säure angesehen nicht viel anders als sonstige starke Säuren, zeigt jedoch eine ähnlich glatte Leitungskurve wie einbasische Säuren, so dass sie ein Analogon zu der Unterschwefelsäure und Tetrathionsäure darstellt.

Von den Goldchloridlösungen $Au\,Cl_3$, die das Au nach den Versuchen von Hittorf und Salkowsky als Anion enthalten, giebt eine $^1/_{10}$-normale ein Äquivalentleitvermögen, das auf eine nur geringe Hydrolyse schliessen lässt. Im Gegensatz dazu zeigt eine $^1/_{1500}$-normale Lösung eine starke Hydrolyse. Das Leitvermögen ändert sich nicht, wenn die Flüssigkeit in Flaschen aufbewahrt wird, steigt aber in Berührung mit Platinmohr in 10 Stunden um etwa 85 Prozent. Die platinierten Elektroden zeigen hinterher deutliche Vergoldung, indem die Reduktion des Goldes durch den katalytischen Einfluss des Platinmohrs bewirkt wird.

Goldchlorwasserstoffsäure ($H\,Au\,Cl_4$) besitzt in normaler Lösung einen Temperaturkoeffizienten, der für eine einbasische Säure passt, zeigt aber ein Leitvermögen, das 30 Prozent, in $^1/_{100}$-normaler gar 50 Prozent grösser ist als Salzsäure gleicher Konzentration. Das Leitvermögen von Goldchlorid wie von $Au\,Cl_3$ $H\,Cl$ wird durch Belichtung nicht beeinflusst.

Die Zeithydrolyse, die gelöstes Zinntetrachlorid $Sn\,Cl_4$ unter Ausscheidung von Hydrat und Zinnsäure besitzt, kann bequem durch Bestimmung des Leitvermögens beobachtet werden. Die Lösungen wurden durch Verdünnen aus einer fünffach normalen hergestellt. „An allen Lösungen zeigt sich eine allmählich schwächer werdende Zunahme. In den grossen Verdünnungen ist sie während der Beobachtungsperiode gering und führt bald einen Gleichgewichtszustand herbei; selbst wenn der Versuch so angeordnet war, dass er 30 Sekunden nach der Mischung beobachtet werden konnte, war der grösste Teil des hydrolytischen Vorganges bereits abgelaufen." Durch Erwärmen wird das Eintreten des Gleichgewichtszustandes dermassen beschleunigt, dass z. B. bei einer normalen Lösung das Leitvermögen, das sich bei gewöhnlicher Temperatur erst nach 8 Monaten einstellt, schon durch zehnstündiges Digerieren bei 70—90° erhalten wird.

Da der Temperaturkoeffizient bei starken Metallsalzen über 0,02, bei Säuren darunter liegt und das Leitvermögen der Neutralsalze beschleunigt, das der Säuren dagegen verzögert, mit der Temperatur steigt und somit der Temperaturkoeffizient ein Hauptkriterium für den Zustand einer Lösung bildet, so wurde derselbe für die untersuchten Körper festgestellt. In der That zeigen sämtliche Verbindungen einen unter 0,02 liegenden Temperaturkoeffizienten, mit Ausnahme von $Pt\,Cl_4$, das ja durch eine grosse Instabilität ausgezeichnet ist.

S. Oppenheimer.

(Eingegangen 27. Mai 1900.)

Personalien.

Der Privatdozent Professor Dr. Eberhard Rimbach zu Bonn ist zum Abteilungsvorsteher am Chemischen Institute der dortigen Universität ernannt worden.

An der Technischen Hochschule in Berlin ist die durch den Staatshaushalt für 1900 bewilligte Lehrstelle für Untersuchung der pflanzlichen und tierischen Fette, Öle und Wachsarten, der Mineralöle und übrigen Naphtaprodukte dem Vorsteher der Abteilung für Ölprüfung an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, Dr. Holde, vom 1. Oktober 1900 ab übertragen worden.

Dem Privatdozenten für Physik an der Universität Heidelberg Dr. J. Precht ist der Titel Professor verliehen worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 41. 14. Juli 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Theoretische Bemerkungen über den elektrischen Ausgleich in Gasen.

Von J. Stark.

Die nachstehenden Bemerkungen sollen einerseits die an einer früheren Stelle dieser Zeitschrift (S. 396) entwickelten Gedanken über den elektrischen Ausgleich in Gasen ergänzen, andererseits sollen sie Grundideen eines Versuchs mitteilen, die elektrischen Entladungserscheinungen in Gasen auf dem Boden der Ionentheorie einheitlich und umfassend zu erklären.

1. Räumliche Variation der Leitfähigkeit. — Die spezifische Leitfähigkeit ist ursprünglich als eine Konstante in der Proportionalität von Stromstärke und Spannungsgefälle definiert worden. In den gewöhnlichen Leitern ist sie bei konstanter Temperatur in der That konstant. Bei einem Leiter jedoch, dessen Zustand von Punkt zu Punkt verschieden ist, muss sie als eine Variable, nämlich als eine Funktion der Koordinaten, angesehen werden. Für einen linearen Leiter mit räumlich variabler Leitfähigkeit ist der Widerstand zwischen zwei Querschnitten nicht nach der Ohmschen Formel $r = \frac{\varrho l}{q}$, sondern durch das Integral $\frac{1}{q}\int_0^l \varrho dl$ zu geben (q Querschnitt, l Länge, ϱ spezifischer Widerstand).

Für die Ionentheorie der elektrischen Strömung ist die spezifische Leitfähigkeit ein Ausdruck für die Zahl der in der Volumeneinheit enthaltenen freien Ionen und für deren Beweglichkeit. Wendet man die Ionentheorie auf die elektrische Strömung in Gasen an, so ist man berechtigt, von einer Leitfähigkeit derselben zu sprechen. Doch ist wohl zu beachten, dass die Einführung der Leitfähigkeit zur Analyse der elektrischen Strömung in Gasen nur solange berechtigt ist, als man in erster Annäherung annehmen darf, dass die mittlere Geschwindigkeit der Ionen in den einzelnen Querschnitten proportional dem Gefälle ist. Nur unter dieser Voraussetzung soll im folgenden von einer Leitfähigkeit durchströmter Gase die Rede sein.

Aus dem Verlaufe des Spannungsgefälles in Gasen, das durch eine Kurve mit Maximis und Minimis dargestellt wird, kann man nicht mit Sicherheit auf eine räumliche Variation der Leitfähigkeit schliessen. Wegen der wahrscheinlich in durchströmten Gasen auftretenden inneren elektromotorischen Kräfte und Ladungen darf man nämlich hier nicht $i = -\lambda q \frac{\partial V}{\partial l}$ (V Potential, i Stromstärke) setzen; in stationär durchströmten Gasen kann man aus diesem Grunde im allgemeinen die Leitfähigkeit nicht durch die Grösse des Spannungsgefälles darstellen.

Aber aus der Thatsache, dass die Geschwindigkeiten der positiven und der negativen Ionen in Gasen von einander bedeutend verschieden sind, kann man mit Sicherheit folgern, dass in durchströmten Gasen, wenigstens in der Nähe der Elektroden, die Leitfähigkeit räumlich variabel ist. Mittels der Methode der Querströme lässt sich auch experimentell die räumliche Variation der Leitfähigkeit feststellen (S. diese Zeitschr. S. 433).

2. Zerlegung der elektrischen Strömung und Leitfähigkeit in Gasen. — Für die Ionentheorie besteht die elektrische Strömung in einem Leiter in einer entgegengesetzten Bewegung von positiven und negativen Ionen,[1]) also in zwei elektrischen Strömen, die sich in ihren äusseren Wirkungen addieren. Die gesamte Stromstärke, die wir beobachten, ist immer eine Summe zweier positiver Grössen, des positiven und des negativen Stromes.

Ähnlich setzt die Ionentheorie, bis jetzt wenigstens für einen Elektrolyten, die Leitfähigkeit aus zwei Teilen zusammen, einem, welcher der Beweglichkeit der positiven, und einem zweiten, welcher der Beweglichkeit der negativen Ionen entspricht.

Es scheint mir nun angezeigt, für durchströmte Gase die vorstehenden ionentheoretischen Anschauungen zu erweitern. Während für gewöhnliche Leiter der negative und der positive Strom in allen Querschnitten praktisch gleich stark sind, der Gesamtstrom eine

1) Vergl. E. Riecke, Wied. Ann. 63, S. 228, 1897.

Summe aus zwei gleich grossen Gliedern ist, braucht in Gasen für den stationären Zustand nur der Gesamtstrom eine in der Zeit und für alle Querschnitte konstante Grösse zu sein, seine Summanden dagegen können verschieden gross sein und von Querschnitt zu Querschnitt variieren. Oder um mathematisch zu reden, es sei J_g der Gesamtstrom, J_p der positive, J_n der negative Strom, so muss für einen gasförmigen linearen Leiter im stationären Zustande nicht $\frac{\partial J_p}{\partial l}$, noch $\frac{\partial J_n}{\partial l}$ Null sein, wohl aber $\frac{\partial J_g}{\partial l} = \frac{\partial J_p}{\partial l} + \frac{\partial J_n}{\partial l} = o$ oder $\frac{\partial J_p}{\partial l} = -\frac{\partial J_n}{\partial l}$.

In dieser Zerlegung der elektrischen Strömung ist im Grunde bereits auch eine Zerlegung der spezifischen Leitfähigkeit von Gasen in zwei Teile eingeschlossen. Unter spezifischer positiver Leitfähigkeit π soll die Grösse verstanden sein, welche ebenso wie die gesamte Leitfähigkeit die Zahl und die Beweglichkeit der in der Volumeneinheit enthaltenen frei beweglichen positiven Ionen charakterisiert; ähnlich soll die spezifische negative Leitfähigkeit ν definiert sein.

Gemäss der oben festgestellten räumlichen Variation der Leitfähigkeit sind $\frac{\partial \pi}{\partial l}$ und $\frac{\partial \nu}{\partial l}$ in Gasen im allgemeinen nicht Null; auch braucht in ihnen nicht $\frac{\partial \pi}{\partial l} = \frac{\partial \nu}{\partial l}$ zu gelten. Es können durch den Mechanismus der elektrischen Strömung Stellen geschaffen werden, in denen z. B. die positive Leitfähigkeit von Null wenig verschieden, die negative dagegen relativ gross ist. In solchen Partien stellen dann die im Überschuss vorhandenen negativen Ionen eine räumliche Ladung dar.

3. Angenäherte Gleichung der stationären Strömung in Gasen. — Wie bereits bemerkt wurde, müssen wir es als wahrscheinlich betrachten, dass innerhalb eines durchströmten Gases infolge seiner Inhomogenität wie in einem Elektrolyten mit variabler Konzentration innere elektromotorische Kräfte auftreten. Doch sind diese gegenüber den Spannungsdifferenzen, die von dem durchfliessenden Strome herrühren, wahrscheinlich so klein, dass sie für eine erste Annäherung neben diesen vernachlässigt werden können. Nicht aber dürfen die von inneren Ladungen herrührenden Spannungsdifferenzen vernachlässigt werden, da sie am Sitz der Ladungen selbst bedeutende Werte annehmen können.

Der gasförmige Leiter sei linear, sein Querschnitt gleich der Einheit; die Zahl der in seiner Volumeneinheit vorhandenen frei beweglichen positiven und negativen Ionen sei mit p bezw. n bezeichnet, die von der Differenz $p-n$ herrührende Spannungsdifferenz an den Enden des Leiterelementes ∂l mit ∂L; L sei also eine Funktion der Dichte der räumlichen Ladung.

Die beobachtbare, gesamte Spannungsdifferenz ∂V an den Enden von ∂l setzt sich nun bei stationärem Strom zusammen aus einem Teil ∂L, der herrührt von der vorhandenen inneren Ladung, und zwei anderen Teilen, die herrühren von dem positiven und negativen Strom; die letzteren sind gleich $-\frac{J_p}{2\pi}\partial l$ bezw. $-\frac{J_n}{2\nu}\partial l$, da die von einem stationären Strom in einem Leiter zwischen zwei Querschnitten hervorgebrachte Spannungsdifferenz proportional dem Verhältnis von Stromstärke und Leitfähigkeit ist. Es ist also

$$\frac{\partial V}{\partial l} = \frac{\partial L}{\partial l} - \frac{J_p}{2\pi} - \frac{J_n}{2\nu}.$$

Hieraus ergiebt sich durch Differentiation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial l^2} = \frac{\partial^2 L}{\partial l^2} - \frac{1}{2\pi}\frac{\partial J_p}{\partial l} - \frac{1}{2\nu}\frac{\partial J_n}{\partial l} + \frac{J_p}{2\pi^2}\frac{\partial \pi}{\partial l} + \frac{J_n}{2\nu^2}\frac{\partial \nu}{\partial l}.$$

In der vorstehenden Gleichung sind, bei Ausschluss innerer elektromotorischer Kräfte, die verschiedenen Fälle der stationären elektrischen Strömung enthalten. Erstens der Fall, dass die Leitfähigkeit räumlich konstant ist, überall gleichviel positive und negative Ionen vorhanden sind und $\pi = \nu$ ist; es gelten für ihn die speziellen Gleichungen $\frac{\partial V}{\partial l} = -\frac{J_g}{\lambda}$ und $\frac{\partial^2 V}{\partial l^2} = 0$. Zweitens der Fall, dass die Leitfähigkeit zwar variabel, aber in jedem Querschnitte $p = n$ und $\pi = \nu$ ist; es gilt dann $\frac{\partial V}{\partial l} = -\frac{J_g}{\lambda}$ und $\frac{\partial^2 V}{\partial l^2} = \frac{J_g}{\lambda^2}\frac{\partial \lambda}{\partial l}$ oder $\lambda\frac{\partial^2 V}{\partial l^2} + \frac{\partial V}{\partial \lambda}\cdot\frac{\partial \lambda}{\partial l} = 0$. Drittens der Fall, dass nicht $p - n = 0$ ist, π und ν bedeutend von einander verschieden und räumlich variabel sind. Für diesen Fall gelten die obigen allgemeinen Gleichungen; er ist es auch, den wir für durchströmte Gase ins Auge zu fassen haben.

Die inneren Ladungen, die nach den obigen Gleichungen in Gasen auftreten können, lassen sich zwar vorderhand nicht genau berechnen, da π, ν, $\frac{\partial \pi}{\partial l}$ und $\frac{\partial \nu}{\partial l}$ unbekannt sind; doch kann wenigstens ihr Vorzeichen ermittelt werden, wenn man annehmen darf, dass die Glieder hinter $\frac{\partial^2 L}{\partial l^2}$ an den meisten Stellen eines durch-

strömten Gases kleiner sind als $\frac{\partial^2 L}{\partial l^2}$, dass also $\frac{\partial^2 V}{\partial l^2}$ und $\frac{\partial^2 L}{\partial l^2}$ gleiches Vorzeichen haben.

Das Auftreten von Ladungen innerhalb eines Leiters steht mit dem stationären Zustand ebensowenig im Widerspruch, als das Auftreten eines Kraftfeldes innerhalb eines Leiters. Der stationäre Zustand verlangt lediglich, dass in den bestehenden Verhältnissen zeitlich keine Änderung erfolge; es kann in einem stationär durchströmten Volumen ein Überschuss von Ionen einer Art vorhanden sein; nur muss durch den Mechanismus der Strömung der Betrag desselben konstant gehalten werden.

Es ist hier nicht der Ort, die obigen Gleichungen zu diskutieren; nur auf folgendes sei hingewiesen. Die räumliche Variation der Stärke des positiven und negativen Stromes bedingt an gewissen Stellen eine Ausscheidung oder besser Ansammlung von positiven und negativen Ionen; dadurch wird an jenen Stellen die Zahl der Ionen vermehrt, an anderen vermindert.

4. Beziehung zwischen Widerstand, Spannungsdifferenz und Stromstärke. — Ist zwischen zwei Querschnitten eines stationär durchströmten Leiters zwar die Leitfähigkeit räumlich variabel, treten aber zwischen denselben keine inneren elektromotorischen Kräfte noch Ladungen auf, so lässt sich der Widerstand $\frac{1}{q}\int_0^l \varrho\, dl$ zwischen den zwei Querschnitten wie bei den gewöhnlichen Leitern durch das Verhältnis von Spannungsdifferenz und Stromstärke ermitteln. Werden jedoch zwischen den zwei Querschnitten, wie es bei durchströmten Gasen sehr wahrscheinlich der Fall ist, (innere) Spannungsdifferenzen durch innere elektromotorische Kräfte oder Ladungen hervorgebracht, so darf der Widerstand zwischen ihnen nicht mehr durch jenes Verhältnis dargestellt werden.[1])

In gewöhnlichen Leitern ist bei konstanter Temperatur die Spannungsdifferenz zwischen zwei Querschnitten proportional der Stromstärke. Dies ist ein Ausdruck für die zwei Thatsachen, erstens dass der Widerstand zwischen den zwei Querschnitten unabhängig von der Stromstärke und dem Gefälle ist, zweitens dass keine inneren Spannungsdifferenzen auftreten. In durchströmten Gasen ist jedoch weder das eine noch das andere der Fall; in ihnen ist darum das Verhältnis von Spannungsdifferenz und Stromstärke im allgemeinen nicht mehr konstant.

1) Vergl. W. Kaufmann, Physik. Zeitschr. I, 148, 1900.

5. Ionenschuss. — Es ist in den bisherigen Betrachtungen angenommen worden, dass die mittlere Geschwindigkeit eines elektrisch wandernden Ions in einem Querschnitt proportional der hier herrschenden elektrischen Kraft sei und deren Richtung besitze. Diese Voraussetzung ermöglicht uns eine erste theoretische Annäherung an die thatsächlichen Verhältnisse. In Wirklichkeit ist jedoch die Geschwindigkeit der Gasionen infolge des geringen Widerstandes, den sie auf ihrer Wanderung antreffen, im allgemeinen nicht proportional der elektrischen Kraft noch gleichgerichtet mit dieser. Indem nämlich die Gasionen die grosse Geschwindigkeit, die sie in einem Gebiet mit grossem Gefälle angenommen haben, fast unvermindert beibehalten, wenn sie in ein Gebiet mit kleinem Gefälle übertreten, besitzen sie hier eine grössere Geschwindigkeit als dem Gefälle entspricht und halten dazu infolge ihrer lebendigen Kraft auch nicht die Richtung von diesem ein. Diese Erscheinung soll hier der Kürze halber mit Ionenschuss bezeichnet werden. Auf diesen sind folgende Erscheinungen in durchströmten Gasen zurückzuführen.

In der Nähe eines Gebietes mit grossem Gefälle stehen die Stromlinien nicht mehr genau senkrecht auf den Äquipotentialflächen. Für die Begrenzung der elektrischen Strömung gilt nicht überall $\frac{\partial V}{\partial n} = o$ (n innere Normale). Bewegte Ionen können aus ihrem Kraftfelde heraus in ein Feld von der Stärke Null oder entgegengesetzter Richtung übertreten.

Die in Form von Licht oder Wärme frei werdende Energie in einem Gebiet mit kleinem Gefälle in der Nähe eines andern mit grossem Gefälle ist grösser als die dort an Ort und Stelle geleistete elektrische Arbeit, während sie hier kleiner ist.[1])

Die Erschwerung einer Entladung bei grosser Nähe der Elektroden oder durch Auftreten von Wandladungen rührt im letzten Grunde ebenfalls von dem Ionenschuss her.

6. Folgen des Unterschiedes der Geschwindigkeiten der Gasionen. — Wie durch Versuche bewiesen ist, wandern die negativen Ionen, vor allem in verdünnten Gasen, viel schneller als die positiven. Eine Folge dieses Unterschiedes besteht darin, dass in der Nähe der Elektroden die Anzahl der dissociierten Teilchen durch den Strom verändert, insbesondere an der Kathode vermindert wird.

Weiter ergiebt sich aus jenem Unterschied, dass von der Kathode weg der elektrische Ausgleich leichter erfolgen kann als von der Anode

1) Vergl. E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Wied. Ann. 66, 328, 1898.

weg. Von jener wandern nämlich die negativen Ionen, indem sie gleichzeitig das durchwanderte Gas leitend machen, schneller weg als von der Anode die positiven. Daraus folgt eine gewisse Abhängigkeit der ganzen elektrischen Strömung von der Kathode und den negativen Ionen.

Endlich wird durch jenen Geschwindigkeitsunterschied das Auftreten positiver und negativer Ladungen oder die Schichtenbildung bedingt und die angenäherte Verwirklichung der oben dargestellten allgemeinen Gleichungen ermöglicht.

7. Gesamtfeld und Ionenfeld. — Abgesehen von dem Unterschied der Ionengeschwindigkeiten, der räumlichen Variation der Leitfähigkeiten und der Ströme der positiven und negativen Ionen, dem Auftreten innerer Ladungen und dem Ionenschuss müssen zur Charakteristik des elektrischen Ausgleichs in Gasen unsere Vorstellungen von der elektrischen Strömung noch in einem Punkte erweitert werden. Während wir bei den gewöhnlichen durchströmten Leitern zur Erklärung und Messung der beobachtbaren Wirkungen nur das elektromagnetische Gesamtfeld in Betracht zu ziehen brauchen, müssen wir bei den Gasen zur Erklärung einer neuen Wirkung der elektrischen Strömung, nämlich des elektrischen Leuchtens, auch die zeitliche Variation der einzelnen elektromagnetischen Ionenfelder in den Kreis unserer Überlegungen aufnehmen, worauf bereits an einer früheren Stelle dieser Zeitschrift (S. 398) hingewiesen wurde.

Göttingen, Physik. Inst. d. Univ., 10. Juni 1900.

(Eingegangen 20. Juni 1900.)

Zur Theorie der Wärmeleitung im Erdboden.

Von J. Schubert.

Für die Wärmeleitung im Erdboden gilt nach der Theorie von Fourier und Poisson die Differentialgleichung

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2}. \qquad 1)$$

Hierin bedeute ϑ die Temperatur in Centigraden, t die Zeit in Minuten, x die Tiefe unter der als eben gedachten Erdoberfläche in Centimetern. Die Konstante a^2 ist gleich dem Verhältnis der Wärmeleitungsfähigkeit k zur Wärmekapazität pro Volumeneinheit C, also $a^2 = k/C$. Als Wärmeeinheit gelte die kleine oder Grammkalorie.

Wir nehmen an, es habe sich ein periodischer Temperaturverlauf hergestellt, der den Mittelwerten langer Zeiträume entspricht und für die Tiefe $x = o$ durch die Reihe

$$\vartheta(o) = \varrho_0 + \varrho_1 \sin(\omega t + \lambda_1) + \varrho_2 \sin(2\omega t + \lambda_2) + \cdots \quad 2)$$

gegeben ist. ϱ und λ bedeuten Konstanten, ferner ist $\omega = \frac{360^0}{T}$ und T die Länge der Periode in Minuten. Für die Temperatur in der Tiefe x gilt dann ein Ausdruck von gleicher Form,

$$\vartheta = \alpha_0 + \alpha_1 \sin(\omega t + A_1) + \alpha_2 \sin(2\omega t + A_2) + \cdots \quad 3)$$

wo

$$\frac{1}{a}\sqrt{\frac{\pi}{T}} = \mu_1; \qquad \frac{1}{a}\sqrt{\frac{2\pi}{T}} = \mu_2; \cdots$$

$$\varrho_1 e^{-\mu_1 x} = \alpha_1; \qquad \varrho_2 e^{-\mu_2 x} = \alpha_2; \cdots$$

$$\lambda_1 - \mu_1 x = A_1; \qquad \lambda_2 - \mu_2 x = A_2; \cdots$$

gesetzt ist.

Die Wärmemenge, welche durch die Flächeneinheit einer horizontalen Ebene in der Tiefe x während des Zeitraumes $t - t_0$ nach unten strömt, ist

$$= -k \int_{t_0}^{t} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} dt.$$

Sind andere Wirkungen als Temperaturänderungen ausgeschlossen, welche Annahme ja der Differentialgleichung (1) zu Grunde liegt, so hat man, wenn die Temperatur von ϑ_0 auf ϑ gestiegen ist

$$-k \int_{t_0}^{t} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} dt = \int_{x}^{\infty} C(\vartheta - \vartheta_0) dx.$$

Die durch eine Grenzebene ($x = const$) nach unten geführte Wärme wird also gemessen durch die gleichzeitige Zunahme einer Grösse

$$u = \int_{x}^{\infty} C\vartheta\, dx, \qquad 4)$$

die bis auf eine (unendlich grosse) Konstante bestimmt ist. Diese Grösse u stellt die im Boden unterhalb der Ebene $x = const.$ pro Flächeneinheit in Form von Wärme vorhandene Energie dar.[1]) Wir bezeichnen sie auch als die im Boden enthaltene Wärmemenge oder kurz als die „Bodenwärme" unterhalb der Grenzebene $x = const.$

Für $x = o$ giebt u die gesamte unter der Oberflächeneinheit enthaltene Bodenwärme an.

Benutzt man den Wert (3) für ϑ und führt die Integration nach der einen oder anderen Art aus, so erhält man für die Bodenwärme unterhalb der Grenzebene $x = const$ eine Reihe von der Form

$$\mu = \beta_0 + \beta_1 \sin(\omega t + B_1) + \beta_2 \sin(2\omega t + B_2) + \cdots \quad 5)$$

und es ist

1) Vgl. W. v. Bezold, Der Wärmeaustausch an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre. Sitzber. d. K. Pr. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin **1892**, S. 1167.

$$\beta_1 = \frac{C\alpha_1}{\mu_1\sqrt{2}}; \quad \beta_2 = \frac{C\alpha_2}{\mu_2\sqrt{2}}; \cdots \quad 5a)$$

$$B_1 = A_1 - 45^0; \quad B_2 = A_2 - 45^0; \cdots \quad 5b)$$

Die Gleichungen 5a) gestatten, aus den Amplituden der Temperaturschwingungen einer Tiefe die Amplituden für die unterhalb dieser Tiefe vorhandene Bodenwärme zu berechnen, vorausgesetzt, dass die Konstanten C und a bekannt sind.

Die zwischen den Phasenwinkeln A und B bestehenden Gleichungen 5b) lassen sich in folgenden Satz kleiden:

Die Schwingungen der unterhalb einer Grenzebene ($x = const$) im Boden enthaltenen Wärme bleiben in ihren Phasen um 45^0 oder um ein Achtel der Schwingungszeiten $\left(T, \frac{T}{2}, \frac{T}{3}, \cdots\right)$ hinter denen der Temperatur in der Tiefe x zurück.

Für den besonders wichtigen Fall $x = o$ lautet der Satz:

Die Schwingungen der Bodenwärme bleiben in ihren Phasen um 45^0 oder um ein Achtel der Schwingungszeiten hinter denen der Oberflächentemperatur zurück.

Die Verzögerung der Bodenwärme gegenüber der Oberflächentemperatur beträgt also für die erste, die ganze Periode umfassende Schwingung im Jahr 1,5 Monate, im Tage 3 Stunden.

Diesen Satz habe ich in einer jüngst erschienenen Schrift[1]) abgeleitet und an einigen Beobachtungsresultaten geprüft. Zur weiteren Durchführung des Vergleichs zwischen Theorie und Beobachtung benutze ich die 10 bis 15jährigen Monatsmittel der Bodentemperatur für die Orte

	Seehöhe	geographische Länge		geographische Breite		Bodenart
Eberswalde	42 m	13°	50′	52°	50′	Sand
Lintzel	97	10	15	52	59	"
Kurwien	131	21	29	53	34	"
Lahnhof	607	8	15	50	54	Grauwacke } Verwittert
Melkerei	909	7	18	48	25	Granit } Verwittert

Die Ablesungen der Temperatur fanden um 8 Uhr vormittags und 2 Uhr nachmittags in den Tiefen 1, 15, 30, 60, 90, 120 cm statt. Wegen weiterer Einzelheiten wird auf die angeführte Schrift verwiesen. Die Temperaturbeobachtungen gestatten die Berechnung der Konstanten a^2. Für Eberswalde ist ausserdem die Wärmekapazität pro Volumen C ermittelt. Bei der Bodenuntersuchung hat mich Herr Professor Ramann freundlichst unterstützt und mir die Hilfsmittel des Laboratoriums für Bodenkunde zur Verfügung gestellt. Die Bodenproben wurden entnommen mit einem cylinderförmigen Eisengefäss, das unten einen scharfen, oben einen verdickten Rand hatte, an welchen ein Deckel fest angesetzt werden konnte. Die Höhe betrug 11,0 cm, der obere Kreisdurchmesser 10,77 cm, der untere 10,62 cm, das Volumen also 988 ccm.

Nachdem eine etwa ein Meter tiefe Grube gegraben, wurde an einer möglichst unbeschädigten Seitenwand vorsichtig eine kleine horizontale Ebene freigelegt, auf diese das Eisengefäss aufgesetzt und durch Schläge mit einem Holzhammer senkrecht eingetrieben. Dann wurde unter den unteren Rand von der Seitenwand der Grube her ein scharfkantiges Blechstück untergeschoben, oben der Deckel angesetzt und das Gefäss, von der anliegenden Erde befreit, unter Festhaltung des unten schliessenden Bleches emporgehoben und entleert.

Nach Bestimmung des Gesamtgewichtes wurde den Proben durch mehrtägigen Aufenthalt im Trockenofen das Wasser entzogen und durch erneute Wägung die Menge der Trockensubstanz ermittelt. Nach Aussonderung der Steine wurde für kleinere Proben der Humusgehalt als Glühverlust bestimmt. Von wesentlicher Bedeutung ist die Unsicherheit in der Ermittelung des Wassergehaltes. Der Einzelbestimmung für den Tag der Bodenentnahme (22. November 1898) kann wegen der Schwankungen des Wassergehaltes kein grosses Gewicht beigelegt werden. Wir haben versucht, aus einer grossen Zahl in der Nachbarschaft in ähnlichen Bodenarten (Sand) vorgenommener Wasserbestimmungen zunächst mittlere Werte für die Monate April bis Oktober abzuleiten. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der Boden sich im Winter mit Wasser sättigt, wurde dann der durchschnittliche Wassergehalt für das Jahr schätzungsweise festgesetzt. In Eberswalde liegen zweistündliche Beobachtungen der Bodentemperatur für die Zeit vom 16. bis 30. Juni 1879 vor. Um diese ebenfalls verwerten zu können, wurde unter Berücksichtigung der damaligen Regenverhältnisse auch der Wassergehalt für die zweite Hälfte Juni festgesetzt. Nimmt man bei der Wasserbestimmung eine Unsicherheit von ein Gewichtsprozent der Trockensubstanz an, so kommt man bei C auf eine von etwa $1\frac{1}{2}$ Einheiten in der zweiten Stelle d. h. bis fast 4% seines Wertes. C ist für die Tiefen, aus denen Bodenproben entnommen wurden, nach der Formel

$$C = \frac{m_1 c_1 + m_2 c_2 + \cdots}{v}$$

berechnet, in der $v = 988$ (ccm) das Volumen, $m_1, m_2 \cdots$ die darin enthaltenen Mengen (Gramm) der einzelnen Stoffe, $c_1, c_2 \cdots$ die zugehörigen

1) J. Schubert. Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen und der Wärmeaustausch im Erdboden. Berlin, Julius Springer. 1900.

Werte der spezifischen Wärme bezeichnen. Letztere sind einer Arbeit des Herrn R. Ulrich[1]) entnommen; für Wasser ist $c = 1$ gesetzt.

Es ergeben sich folgende Werte der Wärmekapazität pro Volumeneinheit

in	5 bis 16,	35 bis 46,	70 bis 81 cm Tiefe
Jahr	0,418	0,381	0,373
Juni	0,386	0,365	0,365

oder nach graphischer Ausgleichung

in	1	15	30	60	90 cm Tiefe
Jahr	0,430	0,412	0,394	0,377	0,370
Juni	0,393	0,383	0,372	0,365	0,365.

Um die Werte der Bodenwärme (u) für jeden Monatsanfang zu ermitteln ist eine Grenzebene in der Tiefe $x = 75$ (cm) angenommen und nach der Formel

$$u = \int_0^x C\vartheta\, dx - k\int_{t_0}^t \frac{\partial\vartheta}{\partial x}\, dt + Konst.$$

gerechnet worden. Das erste Integral stellt die oberhalb der Grenzebene vorhandene Bodenwärme dar. Zur Auswertung desselben oder vielmehr der Summe $\Sigma\, C\vartheta\, \Delta x$ sind die für den Monatsanfang geltenden Temperaturen benutzt. Das zweite Integral giebt die während der Zeit $t - t_0$ durch die Grenzebene nach unten geflossene Wärme an. Zur Ausrechnung sind die Monatsmittel verwandt, wobei näherungsweise

$$-\frac{\partial\vartheta}{\partial x} = \frac{\vartheta_{60} - \vartheta_{90}}{30}$$

gesetzt wurde. Zur Bestimmung von k diente der oben angeführte Wert $C = 0{,}373$ für 70 bis 80 cm Tiefe und die Konstante $a^2 = 0{,}6304$, welche aus den Koeffizienten des ersten periodischen Gliedes der Reihe 3) für 60 und 90 cm Tiefe berechnet wurde. Man erhält so

$$k = a^2 C = 0{,}6304 \cdot 0{,}373 = 0{,}235\,.$$

Die Temperatur der Oberfläche ($x = 0$), deren exakte Bestimmung besondere Schwierigkeit bietet, ist an den obengenannten Stationen nicht gemessen. Die Angaben der obersten Thermometer beziehen sich auf etwa 1 cm Tiefe. Auch giebt die durchweg benutzte halbe Summe der Temperatur um 8a und 2p kein wahres Tagesmittel. Aus den stündlichen Beobachtungen der Bodentemperatur zu Pawlowsk[2]) im Jahre 1888 ergiebt sich, dass der jährliche Temperaturgang bei der hier angewandten Berechnung etwas verfrüht erscheint, sodass die Verzögerung der Bodenwärme auf 46½ bis 48° oder 1,55 bis 1,6 Monate bei der ganzjährigen Schwingung abzuschätzen wäre.

Die Beobachtungen in Eberswalde ergeben nun für die Bodenwärme (u) und die Temperatur in 1 cm Tiefe (ϑ) aus den Werten für den Monatsanfang die Reihen

$$\left.\begin{aligned} u &= u_0 + 907 \sin(\omega t + 208{,}0^0) \\ &\quad + 51 \sin(2\omega t + 32^0) + \cdots \\ \vartheta &= \vartheta_0 + 11{,}34 \sin(\omega t + 254{,}0^0) \\ &\quad + 0{,}51 \sin(2\omega t + 97^0) + \cdots \end{aligned}\right\} \quad 6)$$

oder genauer, auf Jahreszwölftel umgerechnet

$$\left.\begin{aligned} u &= u_0 + 906 \sin(\omega t + 208{,}5^0) \\ &\quad + 49 \sin(2\omega t + 40^0) + \cdots \\ \vartheta &= \vartheta_0 + 11{,}35 \sin(\omega t + 254{,}9^0) \\ &\quad + 0{,}49 \sin(2\omega t + 105^0) + \cdots \end{aligned}\right\} \quad 6a)$$

Die Differenz der Phasenwinkel beträgt bei der ganzjährigen Schwingung 46,0° nach der ersten und 46,4° nach der genaueren Berechnung, ist also mit der Theorie in Einklang. Bei der halbjährigen Schwingung, deren Amplituden allerdings nur etwa 1/20 der ganzjährigen ausmacht ist die Differenz der Phasenwinkel 65°, also zu gross. Inwiefern die angeführten Fehlerquellen hierbei mitwirken, mag dahingestellt bleiben, da auf eine weitere Berücksichtigung der halbjährigen Schwingungen verzichtet wird.

Für die anderen obengenannten Orte liegen Bestimmungen der Wärmekapazität nicht vor und es wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass C sich mit der Tiefe nicht ändere. Die Konstanten a^2 sind nach einem Näherungsverfahren ermittelt und bei Berechnung der Phasenwinkel (A_1) für die Temperatur sind einfach Monatsmittel benutzt, während die für die Bodenwärme (B_1) aus den Werten am Monatsanfang gefunden wurden. Folgendes sind die Resultate

Phasenwinkel für die ganzjährige Schwingung der

		Temperatur in 1 cm Tiefe	Bodenwärme	Unterschied
Eberswalde	a)	254,9°	208,5°	46,4°
		254,0	208,0	46,0
Lintzel		256,8	209,2	47,6
Kurwien		255,3	211,2	44,1
Lahnhof		254,1	201,2	52,9
Melkerei		251,3	207,2	44,1
Mittel		254,40	207,55	46,85

Die mittlere Verzögerung von 46,85° oder 1,56 Monaten entspricht dem aus der Theorie unter schätzungsweiser Berücksichtigung der Fehler festgesetzten Werte.

Da die ganzjährige Schwingung die kürzeren in Bezug auf die Amplitude sehr übertrifft, ist anzunehmen, dass auch bei der aus allen Teilschwingungen zusammengesetzten Gesamtschwingung die Bodenwärme gegenüber der Oberflächentemperatur um ein Achtel der

1) Unters. über die Wärmekapazität der Bodenkonstituenten. Forsch. a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik v. E. Wollny, 17. Bd. 1894. S. 1.

2) E. Leist. Über die Bodentemperatur in Pawlowsk. Report. für Meteorologie, redig. v. H. Wild XIII. S. 7. St. Petersburg 1890.

Periode zurückbleiben wird. Zu einer scharfen und einfachen Besimmung eignen sich die Zeitpunkte, zu welchen die Jahresmittel erreicht werden, und zwar ergeben sich folgende

Eintrittszeiten
in Monaten

Ort	Erstes Mittel			Zweites Mittel			Unterschied Mittel
	Temperatur in 1 cm	Bodenwärme	Unterschied	Temperatur in 1 cm	Bodenwärme	Unterschied	
Eberswalde .	3,59	5,05	1,46	9,41	10,98	1,57	1,52
Lintzel . . .	3,61	4,97	1,36	9,30	11,01	1,71	1,54
Kurwien . .	3,53	4,93	1,40	9,31	10,88	1,57	1,48
Lahnhof . .	3,63	5,31	1,68	9,36	11,11	1,75	1,72
Melkerei . .	3,77	5,03	1,26	9,37	11,96	1,59	1,42
Mittel[1]) . . .	3,62	5,06	1,44	9,36	10,99	1,63	1,53

Der Mittelwert ist wieder in genügender Übereinstimmung mit der Theorie. Auch die Abweichungen im einzelnen lassen sich aus den Unregelmässigkeiten in den obersten Erdschichten, wie an dem Beispiel von Lahnhof gezeigt werden soll, erklären. Berechnet man nämlich für Lahnhof die Eintrittszeiten für die Tiefe $x = 0$ aus den Temperaturen in 1 und 15 cm unter Berücksichtigung der Phasenänderung mit der Tiefe, so ergeben sich folgende Durchschnittswerte:

Erstes Mittel			Zweites Mittel			Untersch.
Temp.	Bodenw.	Untersch.	Temp.	Bodenw.	Untersch.	Mittel
3,80	5,31	1,51	9,53	11,11	1,58	1,54 Mon.

Durch Mitverwertung der Tiefe 15 cm ist also die Unregelmässigkeit verschwunden.

Wir benutzen nun die in Eberswalde vom 16. bis 30. Juni 1879 angestellten zweistündlichen Beobachtungen um den Satz auch für die tägliche Periode zu prüfen. Zur Berechnung der Bodenwärme genügt die Auswertung der Summe $\Sigma C \vartheta \Delta x$, da die Beobachtungen bis in Tiefen reichen, in denen die täglichen Temperaturschwankungen unmerklich werden. Es ergiebt sich für die Bodenwärme der Ausdruck

$$u = u_0 + 28{,}8 \sin(\omega t + 203{,}3^0) + \cdots$$

sodass also, wenn nur die ganztägige Schwingung berucksichtigt wird, der Mittelwert um 10,45 Stunden nach Mitternacht oder Mittag eintritt. Der Vergleich mit der Oberflächentemperatur wird dadurch erschwert, dass eine Messung derselben nicht vorliegt und dass die Angaben des obersten Thermometers (in ca. 1 cm Tiefe) nur unsichere Schlüsse auf die Temperatur in der Tiefe $x = 0$ gestatten. Deshalb wurde ausser der Temperatur in 1 cm, für welche der Phasenwinkel $A_1 = 231{,}6^0$, die Eintrittszeit des Mittels also $= 8{,}55^h$ ist, auch die Lufttemperatur benutzt. Für diese ergiebt sich der Phasenwinkel $A_1 = 238{,}8^0$, also die Eintrittszeit des Mittels $= 8{,}08^h$. Werden nun wieder die Beobachtungen von Pawlowsk zu Rate gezogen und die dort gefundenen Differenzen zwischen (dem Mittel aus „innerer" und „äusserer") Oberfläche einerseits und Luft oder 1 cm Tiefe andererseits auf Eberswalde übertragen, so erhält man als Eintrittszeit des Mittels für die ganztägige Schwingung der Oberflächentemperatur $7{,}76^h$. Die Verzögerung der Bodenwärme beträgt also

$$10{,}45^h - 7{,}76^h = 2{,}69^h \text{ oder rund } 2{,}7 \text{ Stunden.}$$

Für die Gesamtschwingung ergiebt sich in ähnlicher Weise aus den Eintrittszeiten des ersten und zweiten Mittels die Verzögerung

$$10{,}68^h - 7{,}58^h = 3{,}10^h \text{ oder } 3{,}1 \text{ Stunden.}$$

In Anbetracht der verschiedenen Fehlerquellen erscheint auch hier die beobachtete Verzögerung in genügender Übereinstimmung mit der theoretisch geforderten von 3 Stunden. Es sei noch auf einen Punkt hingewiesen, indem die Eberswalder Beobachtungen vollständig der Theorie entsprechen. Legt man die Annahme zu Grunde, dass die Oberflächentemperatur ihr Minimum zur Zeit des Sonnenaufgangs erreicht, was für den Juni auch durch die Beobachtungen zu Pawlowsk bestätigt wird, so folgt dass das Minimum der Bodenwärme 3 Stunden nach Sonnenaufgang eintritt, während die in Eberswalde beobachtete Verzögerung 2 Stunden 58 Minuten beträgt.

Schliesslich sei noch an der Hand der Angaben von Homén[1]) untersucht, inwiefern sich diese Beziehung auch an einzelnen Tagen mit regelmässigem Temperaturverlauf bewährt. Aus den im südlichen Finnland unter 60° 17′ nördl. Breite, 23° 40′ östl. v. G. angestellten Beobachtungen vom 10. bis 12. August 1893 findet man, dass das Minimum der Bodenwärme

im Granitfelsen um 3^h 0′
in der Sandheide um 1^h 18′
im Moorboden um 1^h 14′

nach Sonnenaufgang eintritt. Im Granitfelsen entspricht also die Wärmebewegung in diesen Tagen genau der Theorie. In den beiden anderen Fällen ist allerdings durch die Ungleichartigkeit und die Feuchtigkeit des Bodens[2]) eine wesentliche Beschleunigung im Gange der Bodenwärme herbeigeführt.

1) Eberswalde mit doppeltem Gewicht.

1) Th. Homén. Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Leipzig, W. Engelmann, 1897. Taf. VI.
2) A. a. O. S. 49, 50.

Forstakademie Eberswalde, Juni 1900.

(Eingegangen 25. Juni 1900.)

Luftdruckverteilung und Monddeklination.

Von R. Börnstein.

(Zweite Mitteilung.)

In einer früheren Mitteilung (diese Zeitschrift **1**, 54—56, 1899) veröffentlichte ich die ersten Ergebnisse meiner Studien über die Frage, ob zwischen dem siderischen Mondumlauf und dem Gange des Luftdruckes eine regelmässige Beziehung erkennbar sei. Diese Frage musste für die Zeit von 1884 bis 1898 und für Berlin bejaht werden, indem der durchschnittliche Barometerstand am 12. Tage nach dem nördlichen Lunistitium ein Maximum, am 23. Tage ein Minimum, und zwischen beiden Extremen einen Unterschied von 2,851 mm zeigte. Ganz ähnliches Verhalten fand sich auch im Luftdruck von Magdeburg und von Potsdam, nämlich Maximum resp. Minimum wenige Tage vor dem südlichen resp. nördlichen Lunistitium.[1]) Dagegen liessen mehrere andere Orte (Wien, Upsala, San Fernando, Port au Prince, Batavia) diese Beziehung weniger deutlich, teilweise gar nicht mehr erkennen.

Seither habe ich das Material sowohl von anderen Orten als auch aus anderen Jahren untersucht und folgendes gefunden. In Greenwich (51° 28′ 38″ n. Br.) ist im Durchschnitt der 200 siderischen Monate vom 11. Oktober 1881 bis zum 28. September 1896 eine einmalige Schwankung vorhanden, deren Extreme auf den 12. und 26. Tag fallen, mit einer Amplitude von 2,443 mm; ein sekundäres Minimum am 23. Tage liegt um 2,061 mm unter dem Hauptmaximum. In Brüssel (seit 1890 Uccle bei Brüssel, 50° 51′ n. Br.), woher mir durch die Güte des Herrn Lancaster Beobachtungsmaterial zuging, zeigt sich im Mittel von 170 siderischen Monaten (9. Januar 1887 bis 23. September 1899) eine Schwankung, welche Maximum und Minimum am 12. und 23. Tage und eine Amplitude von 2,946 mm hat. Beobachtungsmaterial aus Irkutsk (52° 17′ n. Br.), das ich der Freundlichkeit des Herrn Wosnessenskij verdanke, lässt im Durchschnitt von 170 siderischen Monaten (9. Januar 1887 bis 24. September 1899) eine vielfach schwankende Kurve erkennen, dabei Maximum am 10., Minimum am 15. Tage, Amplitude 1,342 mm. Und noch unregelmässiger erscheint die Kurve von New York (Central-Park, 40° 45′ 58″ n. Br.) aus den 200 siderischen Monaten vom 9. Januar 1884 bis zum 24. Dezember 1898 mit einem Maximum am 7., einem Minimum am 13. Tage und einer Amplitude von 1,490 mm.

Um einen etwaigen Unterschied der Jahreszeiten festzustellen, teilte ich die Luftdruckzahlen von Magdeburg in zwei Hälften und bestimmte getrennt den mittleren Gang des Luftdruckes im Sommer (April bis September) und im Winter (Oktober bis März). Die Extreme sowie die Amplitude stimmten in der kalten Jahreszeit mit dem Gesamtmittel besser überein, als in der warmen, indem die Wintermonate am 11. und 27. Tage die Extreme mit einer Amplitude von 3,929 mm, dazu ein sekundäres Minimum am 23. Tage mit Abweichung von 3,776 mm gegen das Hauptmaximum zeigten, die Sommermonate ein Maximum am 12., ein Minimum am 19. Tage, die Amplitude 1,771 mm, ausserdem ein sekundäres Minimum am 23. Tage, welches 1,770 mm unter dem Hauptmaximum liegt. Es trat also die Beziehung des Luftdruckes zum siderischen Monat deutlicher im Winter als im Sommer hervor. Da eine ähnliche Wahrnehmung in betreff des synodischen Monats früher gemacht worden ist,[1]) (nämlich das Auftreten eines Druckminimum bald nach Vollmond in den Herbstmonaten), so schien es mir von Interesse, das benutzte Beobachtungsmaterial auch nach dem synodischen Mondumlauf zu ordnen. Dass im Gesamtdurchschnitt aus 190 synodischen Monaten der Luftdruck von Berlin keine regelmässige Änderung erkennen lässt, habe ich schon früher mitgeteilt und kann das Gleiche für Magdeburg nun hinzufügen. Als aber 76 synodische Monate aus der Zeit von September bis Januar nach Berliner Beobachtungen zur Mittelbildung vereinigt wurden, trat eine deutliche Schwankung hervor, deren Maximum auf Neumond, Minimum auf Vollmond fällt, mit einer Amplitude von 3,336 mm. Weniger charakteristisch ist das Gegenbild, welches 62 synodische Monate der Zeit von Mai bis August aus den nämlichen Berliner Beobachtungen liefern, nämlich ein zwar deutliches, aber nur sekundäres Maximum zur Vollmondszeit, während zwei andere Maxima kurz vor dem ersten Viertel und vor Neumond erscheinen. Übrigens fällt ja bekanntlich das südliche Lunistitium durchschnittlich im Winter mit Neumond, im Sommer mit Vollmond nahe zusammen. Wenn nun in den bisher untersuchten Beobachtungsjahren kurz vor dem südlichen Lunistitium ein Maximum des Druckes eintrat, so liegt darin schon die im synodischen Mondlauf bemerkte und eben erwähnte Beziehung.

Hatte die während des siderischen Monats in der Periode 1884—1898 stattfindende Druckschwankung sich als örtlich begrenzt erwiesen, so schien es wichtig, nun auch eine etwaige zeitliche Beschränkung zu ergründen. Hierbei

1) In jener ersten Mitteilung ist bei dem obigen Satz einmal „nördlich" und „südlich" verwechselt, wie dort übrigens aus dem Zusammenhang auch schon hervorgeht.

1) G. Meyer, Ann. d. Hydr. **18**, 245—255, 1890. Met. Ztschr. **7**, 427, 1890. C. Seemann, Ann. d. Hydr. **18**, 256—258, 1890. Met. Ztschr. **7**, 428—429, 1890.

musste die Vorfrage erledigt werden, ob auch Beobachtungsmaterial für diese Untersuchung verwendet werden dürfe, das nur aus dreimal täglich vorgenommenen Terminablesungen besteht, denn die bisherigen Ergebnisse sind durchgängig auf „wahre" Tagesmittel des Luftdrucks, d. h. auf den jedesmaligen Durchschnitt von 24 Stundenwerten gegründet. Ich wiederholte daher für die 100 siderischen Monate vom 5. Juli 1891 bis 24. Dezember 1898 die Berechnung der Berliner Kurve, indem ich diesmal die Tagesmittel aus den um 8^a, 2^p und 8^p an der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule ausgeführten Terminbeobachtungen zu Grunde legte. Dabei zeigte sich sehr nahe die gleiche Kurvenform, wie sie vorher aus den Angaben des Barographen hervorgegangen war. Die Differenz der für die einzelnen Tage des siderischen Monats in beiden Reihen gefundenen Luftdruckmittel hat schwankendes Vorzeichen und liegt mit Ausnahme eines Wertes (0,311 mm) unter 0,126 mm. Im Durchschnitt beträgt der absolute Wert dieser Differenz 0,056 mm.

Hiernach hielt ich es für zulässig, die Untersuchung auf Grund von Tagesmitteln, die aus dreimal täglich ausgeführten Terminablesungen berechnet sind, fortzusetzen, und unterwarf der Berechnung die Angaben, welche aus Berlin seit 1824 vorliegen. Zunächst konnte ich die von Berghaus und bald danach von Mädler gelieferten Beobachtungen benutzen, die täglich fünfmal, zum Teil auch noch häufiger stattfanden und in der Vossischen Zeitung abgedruckt sind. Ich berechnete daraus die Tagesmittel im Durchschnitt aus den fünf Terminbeobachtungen von 8^a, 12, 2^p, 6^p, 10^p für 320 siderische Monate (vom 8. März 1824 bis zum 13. Februar 1848). Hieran schlossen sich Beobachtungen des Königlichen Meteorologischen Instituts, welche Tagesmittel als Durchschnitt der Beobachtungen um 6^a, 2^p, 10^p angeben und sich über 480 siderische Monate (vom 14. Februar 1848 bis zum 9. Januar 1884) erstrecken. Und endlich konnte noch die bereits früher benutzte Reihe der vom Barographen gelieferten 24 stündigen Tagesmittel (200 siderische Monate, vom 10. Januar 1884 bis zum 24. Dezember 1898) hinzugefügt werden. Es betrug also der Umfang des gesamten Berliner Materials jetzt 1000 siderische Monate oder fast 75 Jahre (vom 8. März 1824 bis zum 24. Dezember 1898), und hieraus wurde nun das Gesamtmittel des Luftdrucks für jeden Tag des siderischen Monats berechnet. Jede einzelne Zahl der so erhaltenen Reihe ist demnach der Durchschnitt aus 1000 Tagesmitteln und auf Grund von 7840 Einzelwerten abgeleitet (nämlich 320 resp. 480 resp. 200 Tagesmittel aus je 5 resp. 3 resp. 24 Einzelwerten). Bei der Mittelbildung wurden alle Tagesmittel mit gleichem Gewicht in Rechnung gezogen.



Fig. 1.

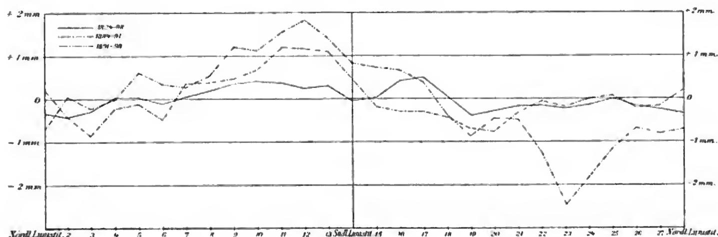


Fig. 2.

Fig. 1 u. 2. Gang des Luftdruckes im siderischen Monat. Berlin.

Je weiter die Untersuchung auf frühere Jahre ausgedehnt wurde, um so mehr verschwand die einfache Periode der Jahre 1884—1898, welche also als eine allgemein auftretende Erscheinung nicht angesehen werden darf. Stellt man durch Kurven die Ergebnisse der einzelnen Beobachtungsperioden dar (Fig. 1 u. 2), so findet sich zwischen der Zeit 1824—1848 und andererseits 1848—1884 eine gewisse Ähnlichkeit: Maxima am 17. und 10. Tage des siderischen Monats,

Minima danach und dazwischen; weil aber die Kurven der Perioden 1884—1891 und 1891—1898 ganz andere, wiewohl untereinander ähnliche Formen zeigen, so kann von einer dauernden und gleichmässig auftretenden Beziehung zwischen Luftdruck und siderischem Mondumlauf nicht gesprochen werden. Ist zwischen beiden eine Beziehung vorhanden, so verändert sie ihren Charakter in einer Periode, deren Dauer aus den hier untersuchten 75 Jahren noch nicht erkannt werden kann.

(Eingegangen 30. Juni 1900.)

BESPRECHUNGEN.

Lehrbuch der Elektrochemie von Prof. Dr. Max Le Blanc. 2. vermehrte Aufl. Leipzig, Leiner, 1900. Preis gebdn. M. 7.25.

Die soeben erschienene Neuauflage des vorteilhaft bekannten, vor 4 Jahren erschienenen Lehrbuchs ist durch eine Reihe neuer Kapitel auf den heutigen Stand der wissenschaftlichen Elektrochemie gebracht worden. Für die Leitfähigkeiten sind die neuen Kohlrausch-Holbornschen Einheiten adoptiert, was im Interesse der Einheitlichkeit dankbar zu begrüssen ist. In dem Kapitel der Leitfähigkeit sind über die unipolare Leitung, die Reibungswiderstände u. a. Abschnitte eingefügt, den Erscheinungen der elektrischen Endomose und Elektrostenolyse ist ein neues Kapitel gewidmet, ebenso dem wichtigen Zusammenhang zwischen elektromotorischer Kraft und chemischem Gleichgewicht. Ein interessantes Kapitel bringt neuartige Überlegungen über die Bildungsgeschwindigkeit der Ionen und über Stoffe, welche sowohl Kationen, wie Anionen erzeugen können, und noch mancherlei Einfügungen bei den Zersetzungsspannungen berücksichtigen die neueste Entwicklung der Wissenschaft. Somit kann diese Auflage nicht nur als eine vollständige und zuverlässige Darstellung der heutigen Elektrochemie empfohlen werden, sondern sie trägt auch selbständig zur Weiterentwicklung derselben bei. R. Abegg.

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen

im Auftrage des Königlichen Unterrichts-Ministeriums veranstaltet vom Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.

Lehrplan.

Der Kursus findet statt in der Zeit von Montag den 1. bis Samstag, den 13. Oktober im Institut des Physikalischen Vereins, Stiftstrasse 32.

I. Vorlesungen.

1. Physikalische.

Herr Dr. H. Th. Simon, Dozent am Physikalischen Verein und Leiter des Physikalischen Laboratoriums: Neuere physikalische Demonstrationen:

a) Strahlende Energie und ihre Gesetze. (Stefan, Boltzmann, W. Wien) (4 Stunden).
b) Lichtelektrische Erscheinungen und Ionenleitung in Gasen (4 Stunden).
c) Entwicklung der Induktionsapparate und Stromunterbrecher (2 Stunden).
d) Vorführung neuerer Modelle und Schulversuche (2 Stunden).

2. Elektrotechnische.

A) Herr Dr. C. Déguisne, Dozent am Physikalischen Verein und Leiter der elektrotechnischen Lehr- und Untersuchungsanstalt. Elemente der Wechselstromtechnik: (7 × 2 Stunden).
a) Kirchhoffsches und Ohmsches Gesetz bei Gleichstrom und Wechselstrom.
b) Wechselstrom- und Spannungskurven. Periode. Momentan- und Effektivwerte. Phasenverschiebung.
c) Leistung (scheinbare und wirkliche).
d) Magnetisches Wechselfeld. Selbstinduktion. Kapazität. Scheinbarer Widerstand.
e) Transformator.
f) Drehstrom. Drehfeld.
g) Wechselstrommotoren.

B) Herr Ingenieur Eugen Hartmann, Mitinhaber der Fabrik elektrischer Messinstrumente Hartmann & Braun, Über die den elektrischen Strommessern zu Grunde liegenden Konstruktionsprinzipien (4 Stunden).

3. Chemische.

A) Herr Professor Dr. M. Freund, Dozent am Physikalischen Verein und Leiter des chemischen Laboratoriums.
a) Über die neueren physikalisch-chemischen Theorien; van't Hoffs Theorie der Lösungen; Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius; osmotische Theorie des Stromes der Voltaschen Ketten (6 Stunden).
b) Über die Entdeckung neuer Elemente im letzten Jahrzehnt (2 Stunden).

B) Herr Professor Dr. Le Blanc von den Höchster Farbwerken:
a) Elektrische Endosmose und verwandte Erscheinungen (1 Stunde).
b) Über die Bildungsgeschwindigkeit von Ionen (1 Stunde).

4. Einleitende Besprechung der Exkursionen.

A) Von den betreffenden Herren Dozenten.
B) Herr Dr. Schauf, Oberlehrer an der Adlerflychtschule. Chemische und physikalische Beschaffenheit der Laven. Oberflächenstruktur der Ströme. Die Steinheimer Anamesitdecken (1 Stunde).

II. Übungen.

Elektrotechnisches Praktikum, Herr Dr. C. Déguisne.

a) Aichung von Starkstromamperemetern. Aichkurven.
b) Aichung von Schwachstromamperemetern. Skalen.
c) Aichung von Voltmetern.
d) Widerstandsmessungen nach verschiedenen Methoden.
e) Messungen von scheinbaren Widerständen, Phasenverschiebung.
f) Aufnahme von Wechselstromkurven.
g) Wattmeteraichung. Effektbestimmung.

Übungen für Fortgeschrittene nach Verabredung.

III. Exkursionen.

Geologische Exkursionen nach Klein-Steinheim und Dittersheim (cf. 4 B.)

Ferner sind in Aussicht genommen die Besichtigungen von

a) Gold- und Silberscheideanstalt.
b) Chemische Fabrik Griesheim.
c) Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun.
d) Werke der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Co.
e) Städtisches Elektrizitätswerk.
f) Kupferwerk Heddernheim.
g) Sammlungen der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft.

IV.

Es werden 2 Stunden frei bleiben für Mitteilungen und Demonstrationen der Teilnehmer.

Zu weiterer Auskunft sind die vom Königlichen Provinzial-Schulkollegium zu Kassel zu Leitern des Kursus ernannten Herren, Realschuldirektor Dr. Paul Bode und Dr. Wilhelm Boller, Oberlehrer an der Klingerschule, jederzeit bereit.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 42. 21. Juli 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Polarisation und der innere Widerstand des Kupfervoltameters.[1])

Von B. E. Moore.

Misst man den inneren Widerstand elektrolytischer Zellen auf direkte Weise oder mit Hilfe von Wechselströmen, so wird man zu sehr verschiedenen Resultaten geführt. Der durch den „direkten Strom" gemessene Widerstand ändert sich sehr mit der Stromstärke, und erreicht schliesslich einen angenäherten, aber niemals den gleichen Wert, wie ihm die Wechselstrommethode ergiebt. Diese Methode des „direkten Stromes" besteht darin, dass man zunächst die bei Beginn der Messung an die Elektroden angelegte Potentialdifferenz misst, und hierauf, nach Durchschicken des Stromes die elektromotorische Kraft der Polarisation. Die Differenz dieser beiden Spannungen, dividiert durch die Stromintensität, giebt den Wert des scheinbaren Widerstandes. Es ist bekannt, dass diese sekundäre elektromotorische Kraft bei geöffnetem Stromkreise sehr rasch verschwindet, und dass also, wenn nicht besondere Vorsichtsmassregeln getroffen waren, der beobachtete Wert zu klein ist und so andererseits wieder einen zu grossen inneren Widerstand liefern würde. Diese Thatsache wurde schon von vielen Autoren erkannt, die alle die Notwendigkeit betonten, die Messung der Polarisations E. M. K. so rasch als möglich nach dem Durchgang des polarisierenden Stromes auszuführen. Auch in dieser Arbeit ist nach diesem Gesichtspunkte verfahren worden, und zwar betrug die kürzeste Zeit, nach der nach dem Durchgange des Polarisationsstromes die E. M. K. der Polarisation gemessen wurde, 0,00006 Sekunden, die längste 0,045 Sekunden. Zwischen diesen Grenzen angestellte Beobachtungen zeigen die Abnahme der Polarisation mit der Zeit. Die Beobachtungen beschränkten sich auf das Kupfervoltameter. Es wurden Platten verschiedener Grösse unter verschiedenen Bedingungen benutzt. Die Lösung hatte eine Dichte von 1,1395. Die Messung der Potentiale geschah mit Hilfe eines Kondensators, der sich durch ein empfindliches ballistisches Galvanometer entlud. Die Stromstärke wurde durch den Spannungsabfall in einem bekannten Widerstande gemessen, der hinter das Voltameter geschaltet war. Das Öffnen und Schliessen der Ströme geschah durch ein Fallpendel. Der kleinste Zeitraum der noch gemessen werden konnte, war 0,00002 Sekunden. Obwohl der kleinste benutzte Zeitraum nur dreimal grösser war, so gab er bei der Messung der Polarisations-E. M. K. doch schon zu Fehlern Anlass. Jedoch sind die Resultate genau genug, um die so rasche Änderung dieser E. M. K. zu zeigen und um zu gestatten, Schlüsse daraus zu ziehen. Bei einer Versuchsreihe betrug z. B. die gemessene Polarisations-E. M. K. in Volts: 0,2176; 0,136; 0,0364 und die dazu gehörigen Zeiten 0,00006, 0,00018, 0,001 Sekunden, das heisst fünfsechstel dieser E. M. K. verschwinden, bevor 0,001 Sekunde vergeht. Der Gang der Kurve zeigt, dass diese grosse Abnahme der Polarisation im ersten 0,00006. Teile einer Sekunde vor sich geht. Für schwache Ströme gilt dies noch mehr. Wie gross die Polarisation im Augenblick der Öffnung des polarisierenden Stromes war, liess sich schwer schätzen; und auch beim Extrapolieren der Kurve bis Null läuft man Gefahr, einen grossen Fehler eintreten zu lassen. Man kann jedoch annehmen, dass der Wert, den man für die Polarisations-E. M. K. erhalten würde, wenn sich die Messung im Augenblick der Öffnung ausführen liesse, der Differenz der durch diese direkte Methode erhaltenen Werte des scheinbaren Widerstandes und der nach Kohlrauschs Methode erhaltenen Werte gleichkäme.

Die Geschwindigkeit der Abnahme zeigt auch an, dass das Phänomen auf die Kontaktoberfläche der Elektrode und der Lösung beschränkt ist. Lässt man die Stromstärke ansteigen, so dringt die Polarisation in tiefere Schichten ein, und sie dauert bei geöffnetem

1) Ausführlich in Phys. Review.

Stromkreise länger. Dies lässt sich teilweise auch erreichen, wenn man einen schwachen Strom längere Zeit hineinschickt. Jedoch sind die Wirkungen von kurze Zeit dauernden starken und lange Zeit dauernden schwachen Strömen nicht direkt vergleichbar, sowohl aus Gründen von Diffussionserscheinungen, als auch wegen der Thatsache, dass höhere Potentiale an und für sich in tiefere Schichten eindringen.

Die Elektroden waren gross genug, um einer Erwärmung und einer daraus folgenden Komplikation der Erscheinung vorzubeugen.

Die Versuche zeigen, dass sich der scheinbare innere Widerstand des Kupfervoltameters, nach dieser direkten Methode gemessen, für alle Stromstärken konstant, und den bei der Messung des elektrolytischen Widerstandes nach Kohlrausch erhaltenen Werten gleich ergeben würde, wenn es gelänge, die Messung der Polarisation im Augenblick der Öffnung, also nach 0 Sekunden vorzunehmen. Die beobachteten Unterschiede rühren von Fehlern bei der Messung der Polarisation her, und es ist zu allerletzt nötig, einen speziellen „Übergangswiderstand" anzunehmen.

Universität Nebraska.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer).

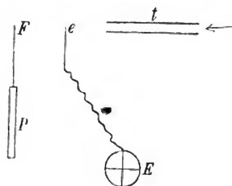
(Eingegangen 18. Juni 1900).

Wie elektrische Ladungen die Eigenschaft ionisierter Gase, Elektrizität zu zerstreuen, aufheben.[1])

Von Emilio Villari.

§ 1. Lässt man einen Strom von Luft oder von einem andern Gase, der von X-Strahlen durchsetzt und aktiv gemacht ist, eine Ozonisationsröhre passieren, die in Thätigkeit ist oder vor Kurzem durch einen Induktor in Thätigkeit gesetzt worden war, so verlieren Luft oder Gas ihre entladende Kraft, und kehren in ihren natürlichen Zustand zurück. Es ist bekannt, dass die Ozonisationsröhre beim Durchgang der elektrischen Ladungen sich auf ihren Oberflächen mit der entgegengesetzten Elektrizität ladet; dadurch wird die von X-Strahlen erregte Luft wieder zu natürlicher. So wird verständlich, dass die neutralisierende Kraft, welche die Ozonisationsröhre bewahrt, nachdem sie in Aktion war, sich verliert, wenn ihre Flächen entladen werden, mag dieses rasch geschehen, indem man eine Gasflamme innen hinein bringt, oder indem man sie von aussen stark erhitzt, — oder langsam, indem man 1—2 Stunden lang von X-Strahlen durchsetzte Luft hinein treibt. Bleibt die Ozonisationsröhre sich selbst überlassen, so bleibt sie 1—2 Tage lang geladen und wirkungsfähig. Natürlich können weder Ozon noch ozonisierte Luft elektrisch gemachte Körper entladen.

Man weiss, dass Gase, durch welche kräftige Funken hindurchgehen, ebenso wie Gase, die sich aus Flammen entwickeln, ob heiss, ob abgekühlt, in hohem Masse die Eigentümlichkeit haben, elektrisch gemachte Körper zu entladen. Aus kürzlich von mir angestellten Untersuchungen geht hervor, dass genannte Gase ihre entladende Eigenschaft völlig verlieren, wenn sie durch eine in Aktion befindliche Ozonisationsröhre gehen; sie entladen sofort die von der elektrischen Ausstrahlung aktiv gemachte Ozonisationsröhre. Man möchte fast sagen, dass die durch X-Strahlen, durch Funken und durch



Flammen ionisierten Gase durch den elektrischen Einfluss der Ozonisationsröhre in ihren Normalzustand zurückkehren. Um die Entladungen, welche in Folge der Ausstrahlungen, in einer Ozonisationsröhre zurückbleiben, zu beobachten, konstruierte ich mir eine solche aus zwei breiten, dünnen, aussen mit Staniol bedeckten, Ebonitblättchen. Nachdem ich die Ozonisationsröhre mit einem Induktor aktiv gemacht und hierauf auseinander genommen hatte, blies ich die elektroskopischen Pulver darauf und erhielt vermöge ihrer zwiefachen Ladung auf jedem Blättchen schöne elektrische, gelbe und rote Figuren.

§ 2. Die von X-Strahlen durchsetzte Luft kann aber ihre ganze entladende Kraft durch die Einwirkung einer einzigen elektrischen Ladung statt durch die von zwei entgegengesetzten Ladungen verlieren. Treibt man von X-Strahlen durchsetzte Luft durch eine Paraffinröhre, die durch eine einzige Ladung im Innern elektrisch gemacht ist, so kommt die Luft im natürlichen Zustand aus ihr heraus. Ich lud die Röhre (—), indem ich sie im Innern mit einem Katzenfell rieb; dann lud ich sie stärker (+) oder (—) mittels einer kleinen Metallschlinge,

---

1) Rend. Lincei, giugno 1897, 243 Roma; und Rend. Acc. di Bologna **28**, gennaio 1900.

die innen steckte und an eine Leydener Flasche angeschlossen war, welche ich mit einem kleinen Induktor von 10 mm oder mehr Funkenlänge während einiger Minuten lud.

Die elektrische Ladung der Röhre und ihr Vermögen, die von X-Strahlen durchsetzte Luft zu neutralisieren, nimmt langsam ab und hört schliesslich auf, wenn man einen Strom von Luft darauf bläst, welche von X-Strahlen durchsetzt war, dasselbe geschieht schnell, wenn man eine Gasflamme ins Innere der Röhre bringt.

Ein geladenes Elektroskop in der Nähe eines schwach elektrisierten Drahtes entlud sich langsam bei einander entgegengesetzten Ladungen, ein wenig schneller bei gleichartigen Ladungen, weil entgegengesetzte Ladungen sich anziehen, gleichartige sich abstossen. Der Unterschied in der Dauer wird in beiden Fällen etwas geringer, wenn man einen Strom von gewöhnlicher Luft erst den elektrisch gemachten Draht, dann das Elektroskop passieren lässt; die Ursache davon ist in der kleinen Menge von Elektrizität, die er von dem einen zum andern trägt, zu suchen. Nimmt man anstatt des schwach elektrisierten Drahtes einen, mit einer Leydener Flasche verbundenen, stark geladenen Pinsel aus Metallfäden und lässt man einen Luftstrom — gewöhnliche sowohl wie von X-Strahlen durchsetzte — vom Pinsel zum Elektroskop streichen, so kehrt sich die Erscheinung um; die Entladung des mit derselben Elektrizität wie der Pinsel geladenen Elektroskops geht sehr langsam vor sich (mehrere Minuten), — bei ungleichnamiger Ladung erfolgt die Entladung sehr rasch (in wenigen Sekunden).

Es scheint, dass diese Erscheinungen durch Übertragung von Elektrizität zu stande kommen, welche nur dem gewöhnlichen Luftstrome zuzuschreiben ist, weil, wie schon gesagt, die von X-Strahlen durchsetzte Luft beim Passieren des stark geladenen Pinsels sofort zu gewöhnlicher Luft wird; würde die von X-Strahlen durchsetzte Luft nicht vollständig in gewöhnliche Luft verwandelt, so könnte sie vielleicht durch ihre besondere elektrische Leitungsfähigkeit wirken.

Passiert ein Strom Luft, die von X-Strahlen durchsetzt war, zuerst einen an ein Elektrometer angeschlossenen Draht und dann, 20 oder mehr Centimeter davon entfernt, einen Draht, der von einer trockenen Batterie geladen ist, so wird das Elektrometer plötzlich um 100 Teile der Skala abgelenkt und zwar durch eine Ladung, die mit der des elektrisierten Drahtes gleichnamig ist. In diesem Falle konnte mit dem Strome der von X-Strahlen durchsetzten Luft die Elektrizität nicht dem Elektrometer zugetragen werden, da sich die Elektrizität in einer dem Luftstrome entgegengesetzten Richtung verbreitet hat; jedoch scheint es, dass sie sich durch die Leitungsfähigkeit der von X-Strahlen durchsetzten Luft verbreitet hat. Dieselbe Ablenkung des Elektrometers kommt zustande, wenn der von X-Strahlen durchsetzte Luftstrom gleichzeitig den Draht des Elektrometers und den elektrisch gemachten berührt, weil dank der Leitungsfähigkeit die Ladung von einem zum andern übergeht. Unter solchen Bedingungen bringt der gewöhnliche Luftstrom keine Ablenkung des Elektrometers zustande, da er kein Leiter ist.

Wenn jedoch der von X-Strahlen durchsetzte Luftstrom zuerst den geladenen Draht und nachher den mit dem Elektrometer verbundenen berührt, so wird er beinahe zu gewöhnlicher Luft und die Ablenkung des Elektrometers beschränkt sich nur auf 40 und 60 mm. Diese Ablenkung ist vielleicht von einer geringen Übertragung abhängig, die dem Luftstrom, der grösstenteils zu gewöhnlicher Luft geworden ist, verdankt wird, oder wahrscheinlicher noch einem Reste von elektrischer Leitungsfähigkeit der von X-Strahlen durchsetzten Luft zugeschrieben werden muss, die noch nicht völlig wieder zu gewöhnlicher Luft geworden ist, oder auch beiden Ursachen.

Die elektrische Leitungsfähigkeit der von X-Strahlen durchsetzten Luft muss als eine ganz besondere und spezifische Leitungsfähigkeit elektrischer Natur angesehen werden; denn so vielerlei Proben mit sehr augenfälligen Methoden ich auch anstellte, so glückte es mir doch nicht, in der von X-Strahlen durchsetzten Luft eine irgendwie höhere thermische Leitungsfähigkeit aufzufinden, als in der gewöhnlichen Luft. Auch Dr. Amerio[1]) ist es mittels sorgfältigster Versuche nicht geglückt, eine solche erhöhte Leitfähigkeit nachzuweisen. Vielleicht hängt die elektrische Leitungsfähigkeit von einer Konvektionserscheinung ab, die durch eine Art elektrischen Tanzes der Luftteilchen zustande kommt, welcher von der durch die X-Strahlen hervorgerufenen Ionisierung verstärkt wird; sie könnte aber auch durch ein elektrisches Phänomen anderer Natur hervorgerufen werden.

1) Amerio, Nuovo Cimento, fasc. di nov. 1899.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Khumbler.)

(Eingegangen 1. Juli 1900.)

Über die spezifischen Wärmen von Legierungen.[1])

Von Edm. van Aubel.

Regnault[2]) hat gezeigt, dass man die spezifische Wärme einer Legierung mittelst der spezifischen Wärmen ihrer Bestandteile bestimmen kann, vorausgesetzt, dass man eine vom Schmelzpunkte der Verbindung genügend weit entfernte Temperatur betrachtet. Wenn eine Legierung aus einem Gewichte p_1 eines Metalles mit der spezifischen Wärme c_1, und einem Gewichte p_2 eines Metalls mit der spezifischen Wärme c_2 besteht, so ist die spezifische Wärme c der Legierung

$$c = \frac{p_1 c_1 + p_2 c_2}{p_1 + p_2}.$$

L. Schüz[3]) hat die spezifischen Wärmen einiger schmelzbaren Legierungen, hauptsächlich derjenigen von Rose und von Arcet, zwischen -80^0 und $+20^0$ bestimmt; er hat die Formel von Regnault genau bestätigt gefunden. W. Spring[4]) hat die Legierungen von Blei und Zinn untersucht. Er beobachtete, dass für diese Legierungen im flüssigen Zustande die obengenannte Regel noch anwendbar ist, solange man die spezifischen Wärmen genügend oberhalb des Schmelzpunktes ins Auge fasst. Für die an Blei sehr reichen Legierungen $Pb_5\,Sn$ und $Pb_6\,Sn$ war hingegen die beobachtete spezifische Wärme sehr viel grösser, wie die nach der Formel berechnete.

J. Laborde[5]) mass die mittleren spezifischen Wärmen zwischen 0^0 und 100^0 an Legierungen von Eisen und Antimon, welche von 18,48 bis 81,10% Eisen enthielten. Die für die spezifischen Wärmen erhaltenen Zahlen sind alle grösser, als die nach der Mischungsregel erhaltenen, und die grössten Abweichungen gehen über die Versuchsfehlergrenze weit hinaus. Die grösste Abweichung findet sich bei der Legierung, die 39,20% Eisen enthält, deren spezifische Wärme 0,0779 beträgt, während die Rechnung 0,0754 ergiebt. Die Zusammensetzung dieser Legierung lässt sich durch die Formel $Fe_3\,Sb_4$ darstellen.

U. Behn[6]) hat die mittleren spezifischen Wärmen von 3 Legierungen aus Blei und Zinn und diejenige des Messing zwischen $+100^0$ und $+13^0$, $+18^0$ und -74^0, -79^0 und -186^0 bestimmt. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Mischungsregel hinreichend befriedigende Werte zu berechnen gestattet.

1) In dieser Arbeit werden die Untersuchungen, die über die Amalgame veröffentlicht sind, nicht in Betrachtung gezogen.
2) Pogg. Ann. **53**, 88, 1841.
3) Wied. Ann. **46**, 177, 1892.
4) Bull. Acad. Belg. (3), **11**, 391—392, 1886.
5) Journ. de Physique (3), **5**, 547, 1896.
6) Ann. der Physik, 1900.

Im Jahre 1875 hat W. Spring in dem Bull. Acad. Belg.[1]) eine Arbeit über die Ausdehnung und die spezifische Wärme der schmelzbaren Legierungen veröffentlicht. Diese Mitteilung, welche nicht gebührend beachtet worden zu sein scheint,[2]) enthält mehrere wichtige Schlussfolgerungen, über die ich hier einige Beobachtungen mitteilen möchte.

Jener Forscher, Professor an der Universität Lüttich, hat die Legierungen von Rose, Arcet, Lipowitz und Wood untersucht. Es ist zweckmässig hier einige der erhaltenen spezifischen Wärmen wiederzugeben.

	Temperatur	spez. Wärme
Legierung von Arcet	29,0	0,0621
	41,5	0,0528
	56,5	0,0650
	101,3	0,0901
Legierung von Lipowitz	28,0	0,0634
	50,0	0,0554
	90,5	0,0625

Wir sehen, dass die spezifische Wärme der Legierung von Arcet sich beträchtlich von $29{,}0^0$ bis $41{,}5^0$ vermindert und dass dasselbe für die Legierung von Lipowitz von $28{,}0^0$ bis $50{,}0^0$ der Fall ist. Diese Thatsache ist sehr bemerkenswert, denn in all den klassischen Abhandlungen kennt man nur beim Quecksilber eine Verminderung der spezifischen Wärme mit steigender Temperatur.

Indessen nach L. Schüz[3]) wäre die spezifische Wärme des Cadmiums zwischen -78^0 und 20^0 grösser, wie die zwischen 20^0 und 100^0. Auch fanden L. Pebal und H. Jahn,[4]) dass die spezifische Wärme des Antimons

0,0499 zwischen -76^0 und -21^0
0,0486 „ -21^0 und 0^0
0,0495 „ 0^0 und 33^0 ist.

Die neuen Messungen von U. Behn[5]) aber von $+100$ bis -186^0 haben gezeigt, dass die spezifische Wärme sowohl des Antimons wie Cadmiums immer mit sinkender Temperatur kleiner wird.

Die theoretische Tragweite dieser Untersuchung würde eine Kontrolle der von Spring gegebenen Resultate, unter Anwendung einer anderen Methode zur Messung der spezifischen Wärmen, rechtfertigen.

W. Spring[6]) schliesst aus seinen Untersuchungen, dass die Änderungen der spezifischen Wärme den Änderungen des Volumens

1) Bull. Acad. Belg. (2), **39**, 548, 1875.
2) Diese Arbeit ist in der That fast in keiner der Abhandlungen zitiert, in denen die Frage nach der spezifischen Wärme von Legierungen behandelt wird.
3) Wied. Ann. **46**, 184 u. 185, 1892.
4) Wied. Ann. **27**, 584, 1886.
5) Ann. der Physik, **I**, 261, 1900.
6) Bull. Acad. Belg. (2), **39**, 599, 1875.

der Körper durch die Wärme folgen. „Man glaubte,“ so sagt er, „in der Erhebung der Temperatur die Ursache der Vergrösserung der spezifischen Wärme erblicken zu können, ohne bei dieser Erscheinung genügenden Wert auf die Erscheinung der Ausdehnung zu legen. Indessen, da die spezifische Wärme eines Körpers kleiner werden kann, wenn seine Temperatur zunimmt, falls sein Volumen dabei kleiner wird: wäre es nicht viel richtiger zu sagen, dass die spezifische Wärme in erster Linie eine Funktion des Volumens und erst in zweiter Linie der Temperatur sei, wofern letztere überhaupt einen Einfluss hat?“ Die spezifische Wärme des flüssigen Quecksilbers wird nun aber kleiner, wenn die Temperatur steigt, obschon dieser Körper sich gleichzeitig unter diesen Bedingungen ausdehnt.

W. Spring bestimmte nach der Methode des Erkaltens die spezifischen Wärmen der Legierung von Lipowitz bei verschiedenen Temperaturen, und D. Mazzotto [1]) mass dieselbe physikalische Konstante für eine Legierung von Lipowitz ähnlicher Zusammensetzung. Die folgende Tabelle gestattet die Resultate beider zu vergleichen:

Legierung von Lipowitz.

Beobachter	Bestandteile				spezif. Wärme
	Wismuth	Zinn	Blei	Cadmium	
W. Spring	49,98	12,76	26,88	10,38	0,0634 bei 28°,0 0,0554 bei 50°,0 0,0625 bei 90°,5
D. Mazzotto	50,66	14,24	24,97	10,13	0,0354 zwischen 5° u. 50°

Der kleinste von W. Spring gefundene Wert unterscheidet sich noch sehr viel von dem Resultate D. Mazzottos, der einer mittleren Temperatur von 27,5° entspricht. Es schien mir nach den oben erwähnten Schlussfolgerungen von Schüz und Behn interessant, zu prüfen, ob die oben von W. Spring und D. Mazzotto erhaltenen Werte denjenigen nahekommen, welche durch Anwendung der Mischungsregel gefunden werden.

Zu dem Zwecke habe ich als spezifische Wärmen gewählt

für Wismuth	0,0305	zwisch. 20° u. 84°	(nach Kopp)[1])
„ Zinn	0,05564	„ ca. 20° „ 100°	(„ Schüz)[1])
„ Blei	0,03168	„ „ 20° „ 100°	(„ „)
„ Cadmium	0,0548	„ „ 0° „ 100°	(„ Bunsen)[1])

Der für die von Mazzotto untersuchte Legierung von Lipowitz berechnete Wert ist 0,03683, welcher sich nicht viel von dem beobachteten unterscheidet. Für die von W. Spring untersuchte Legierung von Lipowitz erhält man dagegen durch die Rechnung 0,03655, während die Messungen als kleinsten Wert 0,0554 ergeben haben.

Was muss man aus dieser Abweichung schliessen, zu der die Resultate der beiden Physiker für eine Legierung führen, deren Zusammensetzung nicht allzu verschieden ist? Muss man sie nicht doch Fehlerquellen zuschreiben, welche der von W. Spring angewendeten Methode der Erkaltung anhaften? In der That dürfte sich diese Methode nur für Flussigkeiten eignen. Andererseits hatte die von W. Spring untersuchte Legierung von Arcet die folgende Zusammensetzung:

Wismuth	49,247
Zinn	21,210
Blei	27,553.

Wenn man noch die spezifische Wärme dieser Legierung nach der Mischungsregel von Regnault berechnet, indem man für Wismuth, Zinn und Blei die oben angeführten spezifischen Wärmen einsetzt, so findet man 0,0355, einen viel kleineren Wert als alle von W. Spring erhaltenen Werte.

Ich behalte mir vor, auf diese Frage in dem zweiten Teile meiner Arbeit zurückzukommen, in dem ich in gleicher Weise prüfen werde, ob die Mischungsregel für die Legierung von Aluminium und Antimon erfüllt ist, die der Formel *Al Sb* entspricht. Ich habe früher gezeigt, dass der Schmelzpunkt dieser Legierung weit über denjenigen ihrer Bestandteile liegt. [2])

1) Beibl. 6, 858, 1882; Landolt und Börnsteins Tabellen, 2. Auflage, 324, 1894.

1) Landolt und Börnsteins Tabellen, 2. Auflage, 317, 1894.

2) Journ. de Phys., 1898.

(Aus dem Französischen übersetzt von Hermann Th. Simon.)

(Eingegangen 5. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Goethes optische Studien. [1])

Von Walter König.

Hochgeehrte Anwesende!

Im Festschmuck prangt unsere ehrwürdige Stadt. Die sonnige Gestalt ihres grössten Sohnes steht in diesen Tagen vor aller Gedanken; seine göttlichen Lieder klingen in aller Herzen, und wie ein Strahl aus seinen wunderbaren Augen fällt die Erinnerung an ihn, beruhigend, beglückend und erhebend, in das nervöse Hasten unserer modernen Welt. Wie könnten wir heute, bei unserer gewohnten samstäglichen Zusammenkunft unsere Blicke, unsere Gedanken anders wohin lenken, als auf ihn? Aber was uns heute drängt, seiner zu gedenken, was uns verpflichtet, uns mit ihm zu beschäftigen, ist doch mehr als die blosse Teilnahme an der allgemeinen Feststimmung, ist etwas anderes als die Herzensmacht seiner Dichtungen, etwas spezielleres als der allgemeine Bann seiner gewaltigen Persönlichkeit. Es ist eine besondere Seite seines Wesens, ein besonderer Teil seines Schaffens, dem wir an dieser Stelle unsere Aufmerksamkeit zuwenden können und müssen.

Denn wenn uns in diesen Tagen aus den verschiedenartigsten Mittelpunkten geistiger und praktischer Thätigkeit das freudige Bekenntnis: „Er war unser" entgegentönt, als das eindringlichste Zeugnis der Universalität seines Schaffens und Gestaltens, seines Sinnens und Dichtens, so dürfen wir uns nach Goethes eigener Meinung wohl eines besonderen Rechtes auf diesen Ausspruch rühmen. Denn, wenn wir dem rückschauenden Urteile seines Alters trauen dürfen, [2]) so hat von allem, was er geschaffen, ihm nichts so am Herzen gelegen, wie seine Farbenstudien; auf keinem Gebiete seiner Thätigkeit hat er so sehr den Ehrgeiz, anerkannt zu werden, besessen, und bei keinem seiner Werke ist er so sehr von dem Werte seiner Leistungen durchdrungen gewesen. Wenn wir daher diese Stunde, in der der Dichter Goethe von der Bühne seiner Vaterstadt herab durch sein tiefgründigstes Seelendrama die Herzen der Nachwelt bewegt — wenn wir diese Stunde in unserem Kreise einer ruhigen und rein sachlichen Betrachtung seiner physikalischen Arbeiten widmen wollen, so können wir doch auch diesem Beginnen mit vollem Rechte das Motto voranstellen:

„Introite, nam et hic Goethe est."

Aber der Eintritt in unser Auditorium hat Sie, verehrte Mitglieder unseres Vereins, und vor allem die werten Gäste, die wir zu begrüssen die Ehre haben, am heutigen Abende vielleicht enttäuscht. Sie werden eine festlichere Ausschmückung des Saales erwartet haben, eine stärkere Betonung des Stimmungsvollen, das den Resonanzboden für die aus der Vergangenheit herüber tönende Harmonie abgäbe, und statt dessen finden Sie den Saal, abgesehen von jener Büste des Gefeierten, alltäglich wie immer, und den Tisch mit Apparaten bestellt, wie jeden Samstag. Unser düsteres Auditorium ist als Festraum wenig geeignet. Vor allem aber habe ich geglaubt, dass wir in unserem Falle Goethe gegenüber am richtigsten verfahren, wenn wir nicht bloss über seine Schriften reden, sondern ihn, den emsigen Forscher, den unermüdlichen Experimentator bei seiner Arbeit selber aufsuchen. Ich kann ja über seine Farbenlehre zu Ihnen nicht sprechen, wie ein anderer über Faust oder Wilhelm Meister zu Ihnen sprechen könnte. Wer kennte Faust und Wilhelm Meister nicht! Und wer kennte die Farbenlehre! Es sind doch nur ganz wenige, die sie gelesen haben. Was der gebildete Mensch davon weiss, das weiss er aus den Büchern über Goethe, aus dem Lewes oder anderen Biographien, und was in diesen Büchern Günstiges oder Ungünstiges über Goethes physikalische Bestrebungen gesagt sein mag, in den Köpfen der Mehrzahl dürfte als Fazit solcher Betrachtungen in der Regel nur das Ungünstige hängen geblieben sein, die Ablehnung, welche diese Werke Goethes seitens der Fachgelehrten erfahren haben. Aber mit einem einfachen Nein ist es Goethe gegenüber nicht gethan. Wenn er sich in seiner Auffassung der Erscheinungswelt irrt und auf Wegen wandelt, auf denen ihm die Wissenschaft nicht immer folgen kann, so haben

1) Festrede zur Feier von Goethes 150. Geburtstag, gehalten am 26. August 1899 im Hörsaal des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M.

Alle Citate beziehen sich auf die neue Weimarer Ausgabe und zwar, wenn nichts weiter bemerkt ist, auf die Bände der zweiten, die naturwissenschaftlichen Schriften umfassenden Abteilung. Die grossen römischen Ziffern bedeuten die Bandzahlen, die arabischen oder kleineren römischen Ziffern die Seitenzahlen, die kleinen arabischen Ziffern die Zeilenzahlen. Um jedoch ein Nachschlagen der Citate auch in anderen Ausgaben zu ermöglichen, ist auch das Werk und der Abschnitt genannt worden, aus dem das Citat entlehnt ist. Dabei bedeuten, wenn nichts anderes bemerkt ist, §§ stets die Paragraphen des didaktischen Teiles der Farbenlehre.

Anmerkung der Herausgeber: Die Rede ist bereits als Broschüre vom Physikalischen Verein in Frankfurt a. M. veröffentlicht. Hervorgegangen aus einer liebevollen und eingehenden Vertiefung in Goethes Physik, bringt sie eine, die hergebrachten Vorurteile vielfach korrigierende fachmännische Würdigung derselben, gestützt durch die in den Anmerkungen gegebenen zahlreichen Citatenbelege aus Goethes Schriften. Wir haben darum von Herrn Prof. W. König die Erlaubnis erbeten und in dankenswerter Weise erhalten, die Rede hier noch einmal abzudrucken und einem weiteren wissenschaftlichen Kreise zugänglich zu machen.

2) Eckermann, Gespräche mit Goethe, 19. Februar 1829.

wir uns mit dieser Thatsache schlechterdings abzufinden. Es genügt nicht, sie mit einem Ausdruck des Bedauerns zu registrieren, wie es Lewes thut: und noch viel weniger können wir sie mit einer Blasphemie bei seite schieben, wie es du Bois-Reymond in seiner berüchtigten Rektoratsrede gethan hat. Die Farbenlehre ist so gut ein untrennbarer Teil des grossen geistigen Komplexes, der den Namen Goethe trägt, wie es Faust und Wilhelm Meister sind, und wir können ihrem Verfasser nur gerecht werden, wenn wir uns bemühen, sie als solch ein Stück des ganzen Goethe zu erkennen. Ich möchte mich daher nicht darauf beschränken, Ihnen auseinander zu setzen, was Goethe gelehrt hat; sondern ich möchte Ihnen gerne klar machen, warum er es, so vielen zum Trotz und zum Ärger, so und nicht anders gelehrt hat. Ich will daher in erster Linie versuchen, Ihnen zu schildern, wodurch Goethe auf seine optischen Studien geführt wurde und unter welchen Einflüssen sich seine Gedanken auf diesem Gebiete entwickelten, und wenn wir so die Farbenlehre haben entstehen sehen, wird es uns im zweiten Teile unseres Vortrages leichter fallen, die fertige Lehre, die Goethe in ihr vorträgt, zu verstehen. Was wir davon als richtig, was als falsch bezeichnen müssen, wird sich nebenher ergeben. Wir haben nicht nötig, dieser Frage auszuweichen. Aber, nach meiner Empfindung wenigstens, tritt das Interesse an dieser Beurteilung nach der Seite des Objektiv-Richtigen in den Hintergrund gegenüber dem Verständnis des Subjektiv-Wirklichen, des inneren Zusammenhanges, gegenüber dem Erfassen des Ganzen aus der ganzen Persönlichkeit. Und wenn wir diesen Weg einschlagen und unsere Schritte mit Vorsicht setzen, vielleicht, dass es uns dann auch gelingt, ihn, den Olympier selber, der bei unserm Beginnen die gewaltige Stirn in drohende Falten legen wird, wenigstens so weit zu besänftigen, dass er beim Abschiede nicht ein finsteres „Geht" spricht, sondern uns zum Pfande alter Freundschaft und Fachgenossenschaft die Rechte reicht.

Wollen wir Goethe in den Anfängen seiner optischen Studien aufsuchen, so müssen wir ihn in Gedanken auf seiner italienischen Reise begleiten. Hier ging ihm die Welt der Farbe auf. Hier empfing seine Seele ein lebhaftes, freudiges Bild der harmonisch farbigen Welt unter einem reinen glücklichen Himmel.[1] Von zwei Seiten her drängten sich hier die Farben seinem alles mit aufmerksamem Blicke erfassenden Geiste entgegen, einerseits in der Farbenpracht der Natur, andererseits in der Farbenharmonie der Gemälde. Er ist in seiner Reisebeschreibung unerschöpflich in der Schilderung der wunderbaren Farbentöne der italienischen Landschaft, und er war in den Ateliers der befreundeten Künstler unermüdlich im Forschen und Fragen nach den Gesetzen des Kolorits. Aber er kam zu keiner befriedigenden Erkenntnis; er fand nur schwankende Überlieferungen, nur technische Kunstgriffe, aber keine Grundsätze.[1] Doch schälte sich aus diesen Studien schliesslich wenigstens ein allgemeiner Erfahrungssatz heraus, das Gesetz von den warmen und kalten Farben, die Einteilung der Farben für ihre Verwendung in der Malerei in zwei Gruppen, von denen die eine die lichten warmen Farben, gelb und rot mit ihren Verwandten, die andere die dunklen kalten Farben, die Reihe der blauen und violetten Tinten, umfasst.[2] Und eine analoge Wahrnehmung trug er heim aus seiner Betrachtung der Farben in der Natur. Er beobachtete die Wirkungen der Luftperspektive. Er sah, wie von den Schatten näherer Gegenstände an bis hinaus zu den dunkleren Schatten ferner Gebirge die Luft unter der Sonnenbeleuchtung einen mit der Entfernung sich steigernden blauen Ton annahm, und im Gegensatze dazu, wie sich im Farbenspiel der Sonnenuntergänge und Sonnenaufgänge die Lichtquelle selbst, durch dickere Luftschichten gesehen, in gelbe, rote und purpurne Tinten tauchte, und wieder trat ihm der Gegensatz von Rot und Blau und die Teilung des Farbenreiches in zwei Gruppen entgegen.[3] Und eine dritte Wahrnehmung drängte sich ihm hier in erneutem und verstärktem Masse auf, die er schon „in der ersten Jugend bei frühem Studieren" gemacht hatte, die Wahrnehmung der Kontrastfarben in der Form der farbigen Schatten. „Beim Skirokkohimmel, bei den purpurnen Sonnenuntergängen waren die schönsten meergrünen Schatten zu sehen".[4] Ich will Ihnen diese Erfahrung durch einen einfachen Versuch veranschaulichen. Mittels unserer elektrischen Lampe werfe ich den Schatten dieses Lineals auf den Projektionsschirm und lasse zugleich mit Hülfe einer spiegelnden Fläche einen zweiten Lichtschein aus seitlicher Richtung auf den Schirm fallen. Sind beide Lichter weiss, so erscheint der Schatten grau. Färben wir das erste rot durch ein vorgehaltenes Glas, so erscheint der Schatten grün; färben wir es grün, so erscheint er rot. Bei blauer Beleuchtung ist er gelb, bei gelber blau. In diesen Erfahrungen enthüllte sich Goethen zum dritten Male die Gesetzmässigkeit der Farbenwirkungen in der Gestalt eines Gegensatzes, einer Polarität, wie er es später genannt hat.

---

1) Beiträge zur Optik, 1. Stück, § 18, **V**, 12, 3–5.

1) „Konfession des Verfassers" am Schluss des historischen Teiles der Farbenlehre. **IV**, 289.

2) Konfession; **IV**, 289–290. Siehe auch Beiträge zur Optik, 1. Stück, § 20; **V**, 13–14.

3) Beiträge zur Optik, 1. Stück, § 4; **V**, 4–5.

4) Konfession; **IV**, 291, 13–15.

Mit solchen Erfahrungen kehrte er nach Weimar zurück, erfüllt von dem Wunsche, Ordnung in das vielgestaltige Durcheinander seiner Eindrücke zu bringen und Einsicht in den Zusammenhang dieser Erscheinungen zu gewinnen. Denn er war kein Mann, der unverarbeitetes Wissen in sich aufgestapelt hätte. Sein künstlerisches Empfinden drängte überall dahin, die Welt als eine gestaltete Welt zu schauen, die Fülle der Erscheinungen zu übersichtlich geordneten, einheitlich gegliederten Bildern zusammenzufassen. Sie wissen, wie ihn dieses Bestreben in seinen Studien auf den Gebieten der organischen Natur geleitet hat. Es spiegelt sich nicht minder deutlich in der Freude wieder, die er an den Arbeiten anderer hatte, wenn sie ihm ein schwieriges Gebiet in diesem Sinne erschlossen.[1]) Ich erinnere Sie nur an sein begeistertes Lob der Howardschen Wolkenterminologie. Sie gewährte ihm mit einem Schlage den Faden, den er bei früherer Betrachtung der Wolkengebilde in ihrer verwirrenden Vielgestaltigkeit stets vermisst hatte, und darum ergriff er sie mit unendlicher Genugthuung.[2]) Aber die Kompendien der Physik, die Goethe aufschlug, um sich genauer über die Farben zu unterrichten, gewährten ihm einen solchen Faden nicht.[3]) Sie behandelten, wie es auch noch die heutigen Lehrbücher der Physik thun, die Farben im Anschluss an die Brechung des Lichtes. Sie lehrten an der Hand der Newtonschen Versuche, dass es Licht von verschiedener Brechbarkeit gebe, und dass dieses physikalisch verschiedenartige Licht auch von unserem Auge als verschiedenartig wahrgenommen werde, indem es verschiedene Farbenempfindungen in unserem Auge auslöst. Daneben enthielten jene Kompendien ein Weniges über die Farben dünner Blättchen, über die Farben, die bei der Beugung des Lichtes auftreten, beides ohne anschaulichen Zusammenhang mit den anderen Farbenerscheinungen, endlich wohl auch ein Weniges über die farbigen Schatten oder ähnliche subjektive Farben, die man meistens nur als Gesichtstäuschungen oder gar als Folgen einer krankhaften Beschaffenheit des Auges ansah. Von dem Gegensatz aber, in dem sich die Farben bei diesen Erscheinungen manifestieren, oder von den Ursachen der Luftperspektive, oder gar vom Kolorit, von warmen und kalten Tinten stand in jenen Kompendien nichts. Dafür lenkten sie Goethes Aufmerksamkeit auf eine neue Gruppe von Farbenerscheinungen, auf die Farben des gebrochenen Lichtes, und bei dem Interesse, das er für den Gegenstand gefasst hatte, war er sofort entschlossen, die Newtonschen Versuche nachzumachen.[1]) Er lieh sich ein Prisma und blickte durch dasselbe nach einer weissen Fläche und abermals war er enttäuscht und erstaunt. Enttäuscht! Denn er sah nicht das, was er bei seiner noch unvollkommenen Kenntnis der Newtonschen Theorie erwartet hatte. Er glaubte ein breites Farbenband zu erhalten und er sah statt dessen eine weisse Fläche mit farbigen Rändern.[2]) Wir projizieren Ihnen hier das Bild einer weissen Fläche auf den Schirm; wir lenken es durch ein Prisma ab, und Sie sehen, wie es sich in eine weisse Fläche mit farbigen Rändern verwandelt. Aber er ist auch erstaunt und sicherlich angenehm überrascht gewesen. Was er sah, das schloss sich ihm ja ganz vorzüglich an das an, was er bisher von den Farben erfahren hatte. Denn zum vierten Male offenbarte sich ihm in diesen Versuchen die Entstehung der Farben in der Gestalt eines Gegensatzes. Wieder erscheinen ihm die gelben und roten Töne auf der einen, die blauen und violetten auf der anderen Seite des Bildes. Diese Farben aber treten nur an den Rändern auf, nur da, wo Hell an Dunkel, Weiss an Schwarz grenzt, und so glaubte er, hier wie bei den farbigen Schatten, wie bei der Luftperspektive und beim Kolorit, ein Zusammenwirken von Hell und Dunkel, Licht und Schatten in ihnen erblicken zu müssen.[3]) Er glaubte in diesen Versuchen etwas ganz Neues, etwas mit der Newtonschen Theorie nicht Verträgliches entdeckt zu haben. Er war nicht wenig stolz darauf, dass es ihm in seiner Weise auch auf diesem Gebiete, wie in der Pflanzenkunde und der Knochenlehre, geglückt war, etwas Neues, etwas Eigenes zu finden,[4]) und er war sehr unangenehm berührt, als ihm ein benachbarter Physiker, dem er die neuen Versuche zeigte, erwiderte, dass sie gar nicht neu wären, und dass sie mit der Newtonschen Theorie in schönster Übereinstimmung ständen.[5]) Davon wollte er sich nicht überzeugen lassen, sondern appellierte an die Öffentlichkeit.[6]) Er arbeitete seine Versuche auf das Sorgfältigste und Sauberste durch, er beschrieb sie mit jener wundervollen Klarheit und Anschaulichkeit, wie sie ihm, dem Dichter, gegeben war, und veröffentlichte sie mit einem vorsichtig ausgedrückten Zweifel an der Richtigkeit der Newtonschen Erklärung, unter dem Titel: Beiträge zur Optik, in zwei Stücken in den Jahren 1791 und 1792. Was ihm aber mit dem einen Physiker begegnet war, begegnete ihm mit allen. Die einen legten seine

1) Vgl. hierzu den Eingang seiner Besprechung von Ernst Stiedenroths Psychologie, **XI**, 73.

2) Vorwort zur Wolkengestalt nach Howard, **XII**, 6,26–28.

3) Konfession; **IV**, 293, 1–5.

1) Konfession; **IV**, 293, 6–8.

2) „ **IV**, 295–296.

3) „ **IV**, 297, 14–16.

4) „ **IV**, 297, 11–13.

5) „ **IV**, 298.

6) „ **IV**, 303–304.

Schrift als etwas Überflüssiges bei Seite, andere nahmen sich die freundliche Mühe, die Goetheschen Versuche aus der Newtonschen Theorie heraus zu erklären, wie es Gren im VII. Bande seines Journals der Physik gethan hat.[1]) Wir aber stehen vor der verwunderten Frage, warum sich Goethe durch diesen allgemeinen Widerspruch nicht belehren liess, er, der auf Gebieten, die ihm fremd waren, so freudig Belehrung von anderen entgegen nahm. Ich hoffe, dass unsere bisherigen Betrachtungen Ihnen die Antwort auf diese Frage nahe legen werden. Er trat eben nicht mit unbefangenem Geiste an die Newtonsche Lehre heran. Er hatte schon jene Erfahrungen über die Farben gesammelt, die ich Ihnen skizziert habe, und sie hatten seine Gedanken bereits in eine ganz bestimmte Richtung gelenkt. Ihm hatten sich Farbenerscheinungen der verschiedensten Art dargeboten. Er suchte nach einem geistigen Band, nach einer leitenden Idee auf diesem Gebiete, wie sich ihm die Welt der Organismen durch die Idee der Entwicklung zu einem organischen Ganzen gruppiert hatte. Für diesen Zweck leistete ihm die Newtonsche Theorie absolut nichts. Sie erklärte eines jener Phänomene, sie behandelte eine Seite des Ganzen, die rein physikalische Seite, und sie liess sich auf die übrigen Seiten gar nicht anwenden. Ihm dagegen war die Gleichartigkeit aufgefallen, mit der sich die Farben unter den verschiedensten Verhältnissen in polaren Gegensätzen entwickelten, und sie spiegelte ihm die Ahnung einer grossen, das ganze Farbenreich umfassenden Gesetzmässigkeit vor die Seele. Können wir es ihm da verargen, dass er von diesem höheren Standpunkte aus die Newtonsche Lehre nicht bloss bei seite schob, sondern dass er sie schliesslich bekämpfte, weil sie ihm Verwirrung brachte, wo er auf seinem Wege schon die Klarheit hindurchschimmern fühlte?

So geht er auf diesem Wege weiter. Er studiert zunächst eingehend die Erscheinungen der farbigen Schatten und schreibt 1792 einen Aufsatz darüber, der als drittes Stück der Beiträge zur Optik gedacht war, aber damals nicht erschienen, sondern erst in jüngster Zeit aus dem Archiv an das Tageslicht gezogen worden ist.[2]) Er behandelt den Gegenstand sehr gründlich, nicht bloss experimentell, sondern auch historisch, und wie ihn die Versuchsergebnisse in seinen Anschauungen nur bestärken, so konstatiert er auch mit Genugthuung die Thatsache, wie sehr die würdigen älteren Beobachter sich der richtigen Erklärung dieser Phänomene, (nämlich der Auffassung der Farben als einer Mischung von Licht und Finsternis) genähert hätten.[1]) Je mehr sich in dieser Weise seine Ideen befestigen und je schwieriger die Verständigung mit anderen wird, um so lebhafter wird sein Interesse an diesem Gegenstande. Aus dem Interesse wird eine Leidenschaft. Seine Tagebücher, seine Briefe, eine ganze Reihe kleinerer Entwürfe, die man neuerdings im Archiv gefunden hat, legen Zeugnis davon ab, in welchem Masse ihn die optischen Studien beschäftigten. Mitten im Kriegsgetümmel der Jahre 1792 und 93 wandern seine Gedanken beständig um dieses Gebiet herum. Unter den Beschwernissen des Lagerlebens im französischen Feldzuge ruft er aus: „Glückselig der, dem eine höhere Leidenschaft den Busen füllt".[2]) Die Feldküche muss ihm weisse Teller liefern, damit er an einem Teich mit besonders klarem Wasser die Brechungserscheinungen studieren kann[3]), und unter der Kanonade von Mainz, im Lager von Marienborn entwickelt er in einem kleineren Aufsatze den Gedanken, dass sich alle an der Farbenlehre interessierten Faktoren, Maler und Kritiker, Chemiker und Physiker, Mathematiker und Mechaniker vereinigen sollten, um gemeinsam und in zweckmässiger Arbeitsteilung das ganze Gebiet der Farbenlehre zu bearbeiten.[4]) Sie sehen, hier schwebt ihm schon die grosse Idee eines Ganzen, einer umfassenden und erschöpfenden Behandlung des Gegenstandes vor.

Aber er erkannte bald, dass er in der Erfüllung dieses Wunsches auf sich selber angewiesen war. Der Mangel an Verständnis und Interesse, dem er mit seinen Bestrebungen begegnete, vermehrte nur seine Leidenschaft; der Widerspruch, den seine Auffassung bei den Fachgelehrten fand, steigerte die Leidenschaft bis zur Erbitterung. Er zog sich auf sich selbst zurück; er veröffentlichte nichts mehr von den kleinen Aufsätzen, in denen er gelegentlich die Resultate seiner Studien zusammenfasste und den Freunden mitteilte. Auch der Kreis dieser Freunde, die ihm Förderung und Ermutigung gewährten, ward immer kleiner; schliesslich waren Heinrich Meyer, der

1) Grens Arbeit erschien 1793 im **VII**. Bande des Journals der Physik, S. 3—21, unter dem Titel: „Einige Bemerkungen über des Herrn von Goethe Beiträge zur Optik". Auch in seinem „Grundriss der Naturgeschichte" (Halle 1797, S. 495—497) hat Gren die Goethischen Versuche durchaus respektvoll und anerkennend besprochen. Wie aber Goethe derartige Besprechungen, wenn sie auf dem Standpunkt der Newtonschen Theorie beharrten, aufnahm, ersieht man aus den Bemerkungen in seiner „Konfession" (**IV**, 304—306).

2) „Von den farbigen Schatten"; **V**, 99—125. Hinsichtlich der Entstehungszeit dieses Aufsatzes vgl. denselben Band, S. 450.

1) **V**, 120, 1—10.

2) Campagne in Frankreich, den 12. September. Weimarer Ausgabe, erste Abteilung, **XXXIII**, 50.

3) Goethe berichtet über diese Beobachtungen in der „Campagne in Frankreich" unterm 31. August. (1. Abteilung, **XXXIII**, 28—29.) Desgleichen in den „Nachträgen zur Farbenlehre", No. 11, unter dem Titel: „Im Wasser Flamme", **V**, 353, 3—18.

4) Der Aufsatz trägt den Titel: „Einige allgemeine chromatische Sätze" und ist abgedruckt in **V**, 81—92.

römische Freund, und Schiller die einzigen und letzten, die thätigen Antheil an dem Fortgange dieser Arbeiten nahmen.[1]) Er aber blieb unermüdlich bei dieser Beschäftigung, die ihm zu einem Geschäft geworden war.[2]) Vor allem lag ihm daran, das Hemmnis fortzuräumen, das in Gestalt der Newtonschen Lehre der Entwicklung seiner Ideen immer wieder entgegengehalten wurde. Er hat keine Mühe gescheut, die Newtonsche Optik zu studieren und seine Versuche zu wiederholen; aber er fand keine Möglichkeit, die Anschauungen Newtons mit den seinigen zu vereinen, und so blieb ihm nichts anderes übrig, als sie zu bekämpfen. Und das hat er gethan mit einer Leidenschaftlichkeit ohne gleichen, mit einer Erbitterung, die vor den unwürdigsten Verdächtigungen nicht zurückschreckte. Er erblickt schliesslich in der sorgfältigen Beschreibung, die Newton von seinen Experimenten giebt, nichts als eine beabsichtigte Täuschung und zerfetzt mit dialektischer Schärfe das ganze Werk des grossen Briten Zeile für Zeile und Wort für Wort. Das ist der Ton, den wir so ungern aus der Farbenlehre herausklingen hören. Was hatte ihm der Tote gethan, dass er seine Lehre nicht bloss verwarf — das können wir ja am Ende begreifen — sondern sie und ihren Urheber mit Spott und Hohn überschüttete und auf jede Weise verächtlich zu machen suchte? Wir wollen in dieser Beziehung gar nichts beschönigen. Goethe hat Newton das bitterste Unrecht angethan. Aber ich meine, dass wir Goethen Unrecht thun würden, wenn wir in seinem Verhalten gegen Newton nichts anderes als die durch den Widerspruch der Fachgelehrten verletzte Eitelkeit eines durch stete Bewunderung verwöhnten grossen Mannes erblicken wollten. Sie wird ja auch mitgespielt haben — gewiss! Aber die treibenden Motive lagen doch wohl tiefer. Er selbst entschuldigt seine Erbitterung mit dem Umstande, dass ihm der Kampf gegen die Newtonsche Lehre eine frohere und vorteilhaftere Benutzung mehrerer Jahre geraubt habe. „Man verzeihe mir daher", sagt er,[3]) „wenn ich von ihr und ihrem Urheber alles mögliche Böse gesagt habe." Da fragt man sich natürlich, warum er sich denn darauf eingelassen, warum er denn nichts Besseres gethan hat. Aber eben hier liegt — ich möchte sagen — der tragische Konflikt. Er konnte nicht anders. Er handelte vollständig unter dem Zwange der Vorstellung, dass er auch auf diesem Gebiete eine Mission an die Menschheit zu erfüllen habe. Das individuelle Interesse, das ihn ursprünglich auf diesen Gegenstand geführt hatte, gestaltete sich schliesslich zu dem Gefühl einer Verpflichtung gegen die Allgemeinheit, der Verpflichtung, das, was sich ihm als grosse Wahrheiten, als dauernde Erkenntnisse in seinen Studien erschlossen hatte, der Welt in möglichst eindringlicher und überzeugender Form zu übermitteln. Wenn es sich nur um die Refraktionserscheinungen gehandelt hätte, wenn Goethe nichts anderes zu sagen gehabt hätte, als dass er von diesen eine andere Auffassung als Newton hätte, so wäre das alles wohl ungesagt geblieben. Für ihn handelte es sich um Grösseres, um die Erfassung der Gesamtheit der Farbenerscheinungen unter dem Gesichtspunkte eines organisch geordneten, von einfacher Gesetzmässigkeit beherrschten Ganzen. Die Brechungserscheinungen bildeten davon nur einen kleinen Teil, der sich aber in der Newtonschen Darstellung in dieses Goethesche Ganze in keiner Weise einordnen liess.

Wir ermessen die Grösse seiner Absichten, wenn wir uns den Umfang seiner Arbeiten vergegenwärtigen. Er geht mit der grössten Gründlichkeit zu Werke. Neben der mühseligen Durcharbeitung der Newtonschen Optik sucht er ein vollständiges Bild von der allmählichen Entwicklung der Vorstellungen und Kenntnisse von den Farben zu gewinnen und sammelt in Abschriften und Exzerpten ein staunenswertes Material zur Geschichte der Farbenlehre. Daneben aber geht als Drittes die Erforschung der Erscheinungen selbst. Er durchwandert mit Betrachtungen und Versuchen die ganze Welt der Farben, von den einfachsten Reizungen unseres Auges an bis zu den höchsten, sinnlichsittlichen Wirkungen der Farbe, von den einfachsten Wahrnehmungen bis zu den Gesetzen des Kolorits und den Prinzipien der Farbenzusammenstellungen in Uniformen und Livreen.[1])

In dieser Dreiteilung in einen didaktischen, einen polemischen, einen historischen Teil, gliedert sich ihm schliesslich nach jahrelanger Verarbeitung der ungeheuere Stoff, und mit einem Gefühl der Befreiung konnte er am 16. Mai 1810 den letzten Bogen auf die Druckerei schicken.[2]) In zwei starken Bänden mit einem Hefte Tafeln dazu erschien die Farbenlehre, Goethes, dem Umfange nach, grösstes Werk. Aber so gross war das Ideal, das ihm bei dieser Arbeit vorschwebte, dass er von seiner eignen Leistung nur das Gefühl einer Vorarbeit hatte und sein Werk bescheiden nicht „Die Farbenlehre", sondern „Zur Farbenlehre" nannte.[3])

Wenn ich nun dazu übergehe, Ihnen an der

1) Über die Mitarbeit dieser Freunde siehe die Konfession gegen den Schluss; **IV**, 308—310.
2) Konfession; **IV**, 306, 27—28
3) Polemischer Teil, Abschluss; **II**, 298, 1—6.

1) § 847; **I**, 335.
2) Annalen, oder Tag- und Jahreshefte, 1810. Weimarer Ausgabe, erste Abteilung, **XXXVI**, 55, 8—10.
3) Nachträge zur Farbenlehre; ältere Einleitung. **V**, 325, 6—12.

Hand dieses Werkes das fertige System der Goethischen Lehre in Kürze zu skizzieren, so sehen wir ab von dem polemischen Teil, zu dem wir ja bereits Stellung genommen haben, und ebenso von dem historischen Teil, auf den einzugehen die Zeit fehlt, und beschränken uns auch bei dem didaktischen Teil auf die rein naturwissenschaftlichen Kapitel. Goethe teilt die Farben in drei Klassen: physiologische, physische und chemische Farben. Unter den physiologischen Farben versteht er subjektive Farbenerscheinungen, die farbigen Nachbilder und die Erscheinungen des Farbenkontrastes. Sie stellt er als das Fundament der ganzen Lehre, „als Anfang und Ende aller Farbenlehre", an den Beginn seiner Betrachtungen.[1]) Mit der ganzen Energie seiner Überzeugungen vertritt er den Standpunkt, dass diese Erscheinungen nicht etwas Zufälliges oder gar etwas Krankhaftes, sondern etwas durchaus Gesetzmässiges seien, und dass gerade in ihnen die Gesetzmässigkeiten unserer Farbenempfindungen ihren reinsten und vollkommensten Ausdruck fänden, so dass sie als Norm und Richtschnur alles übrigen Sichtbaren festgehalten werden müssen.[2]) Welches sind diese Gesetzmässigkeiten, wie sie Goethe entwickelt? Er geht von dem Gegensatze von Licht und Finsternis, von Hell und Dunkel aus und behandelt zunächst die eigentümlichen Formen, in denen das Auge auf diesen Gegensatz reagiert. Das sind:

1. Die Irradiationserscheinungen. Sie sehen hier eine weisse Scheibe auf schwarzem Grund und daneben eine schwarze Scheibe auf weissem Grund; beide sind gleich gross, aber die erstere erscheint grösser als die letztere.[3])

2. Die Nachbilder, die wir von hellen Objekten, z. B. dem hellen Fenster oder einer Lichtquelle, beim Schliessen der Augen oder bei schnellen Augenbewegungen wahrnehmen.[4])

3. Die Erscheinungen des Kontrastes. Sie haben hier einen Fall des simultanen Kontrastes: Eine graue Fläche auf schwarzem Grunde erscheint heller als eine gleich graue Fläche auf weissem Grunde.[5]) Und ich zeige Ihnen ferner einen Fall des successiven Kontrastes. Wir projizieren Ihnen hier eine helle Fläche auf die Wand und blenden die eine Hälfte durch einen dunklen Schirm ab; ziehen wir, nachdem Sie das Objekt eine Zeit lang fixiert haben, den Schirm plötzlich fort, so erscheint Ihnen der bisher verdunkelte Teil heller

1) § 1: I, 1, 6; desgleichen Nachträge zur Farbenlehre, physiologe Farben; V, 336, 6—7.
2) § 3: I, 2, 3—7 und Nachträge, V, 336, 10—11.
3) § 16 und 17: I, 6—7.
4) §§ 19—27: I, 8—10.
5) § 38: I, 15.

als der andere.[1]) Die Erklärung dieser Thatsache pflegte man in einer Art Ermüdung der Netzhaut zu erblicken. Goethe aber möchte den ganzen Komplex dieser Erscheinungen aus höheren Quellen ableiten.[2]) Er erblickt in ihnen die spezifische Lebensthätigkeit des Auges. Das Auge kann nicht in einem bestimmten, von dem Objekte ihm aufgedrungenen Zustande verharren; es opponiert dagegen; es strebt zum Ganzen, indem es einem Extrem das andere gegenüberstellt. Das Helle fordert das Dunkle und das Dunkle fordert das Helle.[3])

Den Übergang von diesen Erscheinungen des Schwarz-Weiss-Kontrastes zu den physiologischen Farben findet Goethe in dem farbigen Abklingen farbloser blendender Bilder. Wenn Sie in die Sonne oder eine intensive Lichtquelle blicken und dann das Auge schliessen oder ins Dunkle sehen, durchläuft das Nachbild im Auge eine bestimmte Farbenskala; es zeigt sich nach Goethe zuerst ein purpurner Rand, der allmählich das ganze Bild überzieht, dann wird das Bild, ebenfalls vom Rande her, allmählich blau, schliesslich farblos dunkel.[4]) Bemerken Sie wohl, wie Goethe, indem er diese Wahrnehmung als einfachste und unmittelbarste Erfahrung über die Entstehung der Farben voranstellt, von vornherein die Farben gewissermassen als Abschwächungen des Hellen einführt und zwar liegen die roten Töne auf der Seite des Hellen, die blauen auf der Seite des Dunklen. Das ist der Gedanke, der in passend veränderter Form immer wiederkehrt. Dieselben Nachbilder lassen uns zugleich auch das Gesetz des Kontrastes erkennen. Was uns im Dunkeln purpurn oder blau erscheint, das erscheint grün oder schmutzig gelb, wenn wir mit dem affizierten Auge nach einer hellen Fläche sehen.[5]) Ich zeige Ihnen eine andere Form dieses sogenannten successiven Farbenkontrastes. Wir projizieren hier ein gelbes Feld auf blauem Grunde. Ziehen wir die Farbenscheiben fort, so sehen Sie vorübergehend statt einer gleichmässig weissen Fläche eine blaue Fläche auf gelbem Grunde. Ebenso giebt eine grüne Fläche auf rotem Grunde als Nachbild eine rote Fläche auf grünem Grund.[6]) Und wieder steht neben dem successiven der simultane Kontrast und zeigt uns die gleichen Wechselbeziehungen der Farben. Wir haben ihn bereits an den farbigen Schatten kennen gelernt, und wir sehen ihn noch einmal an diesen Farbentafeln, deren kleine, in Wahrheit

1) § 37: I, 15.
2) § 32: I, 13, 10—11.
3) § 33: I, 13. Vgl. auch die Bemerkungen in den „Nachträgen" unter „Physiologe Farben": V, 337 und 339.
4) § 40: I, 16 und 17.
5) § 42: I, 18.
6) § 49: I, 21.

graue Mittelfelder in den Komplementärfarben des Grundes erscheinen, besonders deutlich, wenn ich einen halbdurchsichtigen Schleier über diese Tafeln breite.[1]) So fordern sich die Farben wechselseitig. Gelb fordert Violett, Blau fordert Orange, Rot fordert Grün.[2]) Diese Welt der subjektiven Farben wird beherrscht vom Prinzip des Gegensatzes oder, wie es die neuere Farbentheorie nennt, vom Prinzip des Antagonismus. Dieses Prinzip ist geradezu die Grundlage derjenigen Farbentheorie, die wir heute — wenigstens bei uns in Deutschland — als die herrschende bezeichnen können, der Heringschen Theorie. Die ältere, die Young-Helmholtzsche Farbentheorie nahm drei Grundempfindungen an, Rot, Grün und Violett und liess die Empfindung Weiss aus dem Zusammenwirken dieser drei Empfindungen entstehen. Sie ersehen daraus, dass sie mit der Goethischen Auffassung wenig Berührungspunkte hatte.[3]) Die Heringsche Theorie aber setzt vier Grundempfindungen voraus, die paarweise in antagonistischem Verhältnisse stehen, Rot und Grün, Gelb und Blau. Sie mischen sich nicht, wenn sie gleichzeitig erregt werden, sondern heben sich auf, zerstören sich, wie sie sich andrerseits im Kontraste gegenseitig fordern. Neben diesen Farbenempfindungen aber nimmt die Heringsche Theorie als dritte besondere Grundempfindung die Schwarz-Weiss-Empfindung an. Für diese Theorie ist Goethe mit seiner Darstellung der subjektiven Farben geradezu ein Vorläufer gewesen, und von dieser Seite wird ihm jetzt eine zwar späte, aber für uns am heutigen Tage um so willkommenere Anerkennung zu teil. Sie ist von fachmännischer Seite zum ersten male in dem Vortrage ausgesprochen worden, den Professor Stilling, der Strassburger Ophthalmologe, im vergangenen Winter anlässlich der Vorträge für das Goethedenkmal in Strassburg gehalten hat.[4])

Aber die Verwandtschaft zwischen der Goethischen und der heutigen Farbenlehre liegt ausschliesslich in diesem allgemeinen Prinzip. Goethe wollte ja mehr als eine bloss physiologische Farbenlehre geben, wie es die Heringsche ist, und indem er von den physiologischen zu den physischen Farben übergeht, gestaltet er die gewonnenen Prinzipien in einer ganz eigentümlichen Weise spezieller aus. Unter physischen Farben versteht er objektive Farbenerscheinungen, farbiges Licht, das durch physikalische Vorgänge aus weissem Licht erzeugt wird, wie die Farben des Himmels und der Abendröte, die Farben der Brechung und andere. Auch bei diesen Erscheinungen waren ihm die Farben in der Gestalt eines Gegensatzes entgegengetreten, aber dieser Gegensatz ist hier nur noch ein einfacher. Die Farben sondern sich in die gelbe und die blaue Seite, und so kommt er dazu, Gelb und Blau als die eigentlichen Grundfarben anzusehen. Von den hierhergehörigen Erscheinungen stellt er allen voran die Farben trüber Medien, denjenigen Vorgang, den wir heute als Diffusion des Lichtes bezeichnen.[1]) Ich lasse hier das Strahlenbündel einer elektrischen Lampe auf einen Glastrog mit Wasser fallen, ich setze einige Tropfen einer sehr verdünnten, alkoholischen Mastixlösung hinzu, und sofort sehen Sie auf dem dunklen Hintergrunde das Strahlenbündel in mattblauer Farbe aufleuchten. Wir sagen heute, dass das ein-

1) Auf die zahlreichen Versuche und interessanten Beobachtungen Goethes über den simultanen Kontrast sei besonders hingewiesen. Sie sind in den §§ 56—61 enthalten (I, 26—29). Den farbigen Schatten wird ein besonderes Kapitel gewidmet, dass die §§ 62—80 umfasst (I, 29—38).

2) § 60; I, 28. Desgleichen „Nachträge"; **V**, 339.

3) Es ist wohl in diesem Verhältnis begründet, dass Helmholtz weder in seiner physiologischen Optik, noch in seinen beiden Vorträgen über Goethes naturforscherische Thätigkeit (der eine 1853 in Königsberg, der andere 1892 in Weimar gehalten) dem physiologischen Teile von Goethes Farbenlehre eine grössere Beachtung geschenkt hat. Er hat — meiner Ansicht nach mit Unrecht — den Schwerpunkt der Goethischen Farbenlehre immer in ihrem physikalischen Teile und in der Bekämpfung der Newtonschen Lehre gesucht. Doch wird das vielleicht verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Youngsche Theorie, die Helmholtz wieder aufgenommen hat, selber viel mehr an die physikalischen Thatsachen, als an die physiologischen anknüpft, während die neuere Heringsche Theorie ausschliesslich von den letzteren ausgeht.

4) Der sachlichen Vollständigkeit halber möge an dieser Stelle noch darauf hingewiesen werden, dass Goethe auch die sogenannte Farbenblindheit als eine Anomalie des gewöhnlichen Farbensehens richtig erkannt und in zwei Fällen genau untersucht und beschrieben hat. Er hat zuerst den Versuch gemacht, die bei den Farbenblinden vorliegende Art des Farbensehens zu erklären. Er hat ferner eine Reihe von Beobachtungen über das Farbensehen bei pathologischen Zuständen des Auges gemacht. Das alles findet sich unter dem Titel: „Pathologische Farben" in den §§ 101—135 (I, 46—56). Wegen der spezielleren Würdigung seiner Leistungen auf diesem Gebiete muss auf den im Text genannten Stillingschen Vortrag verwiesen werden, der sich abgedruckt vorfindet in den „Strassburger Goethe-Vorträgen", Strassburg, Karl J. Trübner, 1899. Ausserdem möchte ich an dieser Stelle auf die vortreffliche, eingehende Besprechung und Würdigung der ganzen Farbenlehre, ihrer Entstehung und ihrem Inhalte nach, hinweisen, welche Dr. S. Kalischer in Berlin in der Hempelschen Ausgabe von Goethes Werken gegeben hat. Man findet in ihr in breiterer Ausführung vieles von dem, was in dem obigen Vortrage nur in kurzen Strichen angedeutet werden konnte.

1) Goethe beschreibt sie als „Dioptrische Farben der ersten Klasse" in den §§ 145—177; I, 61—74. Dass Goethe unter den Flüssigkeiten, die die Erscheinung der Diffusion des Lichtes zeigen, auch die blau fluoreszierende „Infusion des nephritischen Holzes" aufführt (§ 162; I, 66), dürfen wir ihm nicht besonders zur Last legen. Eine genauere Erkenntnis des ganz verschiedenen Charakters der beiden Erscheinungen, der Diffusion des Lichtes und der Fluoreszenz, ist erst gegen die Mitte dieses Jahrhunderts durch die Arbeiten von Brewster, J. Herschel und Stokes eröffnet worden. Dafür verdanken wir Goethes experimentellen Bemühungen auf diesem Gebiete die Kenntnis der stark fluoreszierenden Eigenschaft, die ein Aufguss von Rosskastanienrinde besitzt, siehe „Nachträge", 10, Trübe Infusion, **V**, 350—351.

fallende Licht von den das Wasser trübenden kleinen Teilchen nach allen Seiten zerstreut wird, und zwar vornehmlich die blauen Strahlen des einfallenden Lichtes, und diese um so mehr, je kleiner die Teilchen sind. Fangen wir das hindurchgehende Licht auf, so erscheint es infolge des durch die Zerstreuung bewirkten Verlustes an blauen Strahlen gelb, und spielt bei stärkerer Trübung ins Rote. Hier haben wir, sagt Goethe, unsern polaren Gegensatz, die gelbe und die blaue Seite, die Abendröte und die blaue Farbe des Himmels. Es gehört zu Goethes entschiedensten Verdiensten in der Optik, dass er durch die Vergleichung dieser Versuche mit den atmosphärischen Erscheinungen die richtige Erklärung der blauen Farbe des Himmels gegeben und mit grosser Entschiedenheit gegen die damals herrschenden anderen Ansichten der Physiker vertreten hat.[1]) Hier aber haben wir vor allem, sagt Goethe weiter, die Entstehung der Farben aus dem Zusammenwirken des Hellen und des Dunklen unmittelbar vor uns. Die Abschwächung des Hellen durch das Trübe giebt Gelb, die Aufhellung des Dunklen giebt Blau. Dieser Vorgang erscheint ihm als ein so einfacher, typischer, dass er in ihm das Urphänomen aller Farbenentstehung erblickt.[2])

1) Vgl. hierzu noch besonders die Bemerkungen in den „Nachträgen" 8, Falsche Ableitung des Himmelblauen; **V**, 342—346.

2) Was Goethe unter der Bezeichnung „Urphänomen" versteht, hat er in § 175 (**I**, 72) genau auseinandergesetzt. Daran schliessen sich in §§ 176 und 177 (**I**, 73—74) Bemerkungen über die Stellung der Urphänomene in der Naturforschung an. Weitere Bemerkungen über die Bedeutung und die Wichtigkeit, die er diesem Begriffe beilegte, finden sich an vielen Stellen seiner Werke. Ich kann mich begnügen, auf das dem XII. Bande der Weimarer Ausgabe beigegebene Register zu Band VI—XII zu verweisen, desgleichen auf das Register zu Eckermanns Gesprächen mit Goethe. Daneben aber möchte ich nicht unterlassen, auf die interessanten Ausführungen aufmerksam zu machen, die Helmholtz in seiner Weimarer Rede über „Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen" (Berlin, Paetel 1892) über das Verhältnis des Goethischen Begriffs des Urphänomens zu der Begriffsbildung der modernen theoretischen Physik gemacht hat. Nur in einem Punkte kann ich nicht umhin, eine von der Helmholtzschen abweichende Anschauung geltend zu machen. Helmholtz bedauert (S. 33), dass Goethe nicht die Undulationstheorie des Lichtes gekannt habe; er meint, diese würde ihm ein viel richtigeres und anschaulicheres „Urphänomen" an die Hand gegeben haben. Dagegen ist zweierlei zu erwidern. Erstens war Goethen die Undulationstheorie des Lichtes keineswegs unbekannt, wie einige Stellen in den Nachträgen zur Farbenlehre erkennen lassen (siehe unter „Wartesteine" die Bemerkungen über Biot, **V**, 410—415, und die Bemerkungen über die physikalische Preisaufgabe der Petersburger Akademie der Wissenschaften, **V**, 421—436), und er hat, wie uns besonders die Stelle **V**, 433, 10—17 zeigt, von ihr keine bessere Meinung, als von der atomistischen Theorie gehabt. Zweitens aber richtete sich sein Widerspruch zunächst und der Hauptsache nach gar nicht gegen die Korpuskulartheorie Newtons, sondern gegen die Behauptung der Zerlegbarkeit des weissen Lichtes durch die verschiedene Brechbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes. Darüber aber hätte ihm die Undulationstheorie auch nicht hinweggeholfen.

Die Newtonschen Refraktionsversuche sind ihm dagegen ein ganz komplizierter Vorgang, der erst der Zurückführung auf dieses Urphänomen bedarf. Lassen Sie uns sehen, wie er es anstellt, auch diesen Schritt in seiner Weise durchzuführen.[1]) Wir betrachten noch einmal das durch ein Prisma verschobene Bild einer weissen Fläche. Es erscheint nicht mehr scharf, sondern hat verwaschene farbige Ränder. Goethe meint, es entständen durch die Brechung nicht ein, sondern zwei Bilder, ein Haupt- und ein Nebenbild, von denen das Hauptbild weniger, das Nebenbild stärker verschoben sein soll. Er erinnert zur Begründung an die Doppelbilder des Kalkspaths und des Quarzes und an die verwaschenen übergreifenden Ränder bei den subjektiven Erscheinungen der Irradiation.[2]) Unwillkürlich werden Sie dabei an die Newtonsche Theorie denken. Auch sie nimmt ja, sozusagen, Nebenbilder an; sie setzt die ganze Erscheinung aus der Übereinanderlagerung unendlich vieler Nebenbilder von stetig veränderlicher Farbe und Brechbarkeit zusammen. So meint es Goethe natürlich nicht. Ihm lösen sich die Erscheinungen nicht in eine unendliche Vielheit, sondern in einen einfachen Gegensatz auf. Er denkt an zwei farblose Bilder; über das Hauptbild lagert sich ein Nebenbild, das als ein abgeleitetes Bild gegen das ursprüngliche abgeschwächt, gewissermassen getrübt erscheinen soll. Wo nun dieses trübe Nebenbild über die dunkle Umgebung des Hauptbildes hinaustritt, erscheint der blaue Rand, wie das trübe Mittel blau erscheint vor dunklem Grunde. Umgekehrt soll sich an der andern Seite das trübe Nebenbild vor das helle Hauptbild lagern; das helle Bild erscheint dadurch geschwächt, und es entsteht der gelbe Rand.[3]) Durch diese merkwürdige, einer strengen Fassung überhaupt nicht zugängliche Deduktion leitet Goethe die Brechungsfarben aus seinem Urphänomen ab. Aber jetzt haben wir nur zwei Farben, Gelb und Blau. Wie entstehen die übrigen? Hier nimmt Goethe zunächst ein weiteres Prinzip zu Hilfe, das sich als ein ganz allgemeiner Gedanke durch alle seine naturwissenschaftlichen Schriften hindurchzieht; er nennt es das Prinzip der Steigerung. Wo das Helle stärker abgeschwächt wird, geht das Gelb in Gelbrot über, worunter Goethe in der höchsten Steigerung das spektrale Rot versteht; wo die Aufhellung des Dunklen gering ist, entsteht Violett oder Blaurot, statt Blau. Rot und Violett sind die

1) Die Refraktionserscheinungen werden unter dem Titel: „Dioptrische Farben der zweiten Klasse" sehr ausführlich in den §§ 178—356 (**I**, 74—149) abgehandelt.

2) Diese eigentümliche Vorstellung findet sich in den §§ 226—232 (**I**, 93—96) entwickelt.

3) §§ 238 und 239; **I**, 98.

Steigerungen von Gelb und Blau nach dem Dunklen hin.[1]) Dazwischen endlich liegen zwei Mischfarben. Wir lassen die weisse Fläche, die wir durch das Prisma abgelenkt haben, immer schmaler werden; die farbigen Ränder rücken zusammen; schliesslich entsteht in der Mitte Grün.[2]) Wir haben jetzt das, was wir das normale Spektrum nennen, und wir betrachten von unserem heutigen Standpunkt aus dieses Grün als hervorgebracht durch einfache Ätherschwingungen von bestimmter Wellenlänge. Nach Goethe entsteht das Grün als Mischfarbe durch Übereinanderlagerung des blauen und gelben Randes. Diese Anschauung ist ihm von den Malerfarben her geläufig; denn ein blaues und ein gelbes Pigment gemischt geben in der That Grün.[3]) Aber er stützt seine Anschauung auch durch ein zweites Experiment, das er in wirklich geistreicher Anwendung seines Gegensatzprinzipes dem Newtonschen Spektralversuche gegenüberstellt. Er sagt, so gut wie man eine weisse Fläche auf dunklem Grunde durch ein Prisma verschieben kann, kann man auch eine dunkle Fläche auf weissem Grunde verschieben. Die Farbenränder liegen dann umgekehrt, und indem man die schwarze Fläche schmaler und schmaler werden lässt, lagern sich die gesteigerten Farben Rot und Violett übereinander und geben Pfirsichblüt oder, wie er es später genannt hat, Purpur.[4]) Damit haben wir die Goethische Lehre in ihrer vollständigen Entwickelung. Gelb und Blau sind die einfachen Grundfarben, Rot und Violett die gesteigerten Grundfarben; Gelb und Blau geben gemischt Grün, Rot und Violett geben gemischt Purpur.

Purpur.
Rot. Violett.
Gelb. Blau.
Grün.

Das ist der vollständige, in sich geschlossene Farbenkreis, auf dem man von Farbe zu Farbe in stetigen Übergängen wandern kann, und dessen gegenüberstehende Farben einander zugleich antagonistisch oder komplementär zugeordnet sind.[1]) Dieses Farbenschema, das die stetige Folge unserer Farbenempfindungen darstellt, hat sich Goethe in der beschriebenen Weise physikalisch abgeleitet, und er macht der Newtonschen Optik zum Vorwurf, dass sie keine physikalische Begründung dieses vollständigen Farbenkreises gebe. In der That, unsere physikalische Farbenskala, das gewöhnliche Spektrum, das alle für uns sichtbaren Ätherschwingungen in stetiger Folge von den langsameren zu den schnelleren aufsteigend, umfasst, diese Skala enthält nur die Farben vom Rot bis zum Violett, aber nicht den Purpur. Der Regenbogen umfasst nicht die Totalität unserer Farbenempfindungen.[2]) Dieser Einwand Goethes ist vollkommen richtig. Aber der Vorwurf, den er daraus herleitet, trifft nicht die Newtonsche Optik, sondern die Natur selber. Und damit kommen wir noch einmal auf das Verhältnis von Goethe und Newton und können tiefer hineinleuchten in den letzten Grund des grossen Missverständnisses, das sich durch diesen Teil der Farbenlehre hindurchzieht.

Für Goethe ist die Farbe zunächst Empfindung. Die verschiedenen Farbenempfindungen stehen zu einander in jenen gesetzmässigen Beziehungen der Polarität, des Antagonismus, wie Goethe sie in dem Kapitel von den physiologischen Farben ganz richtig entwickelt hat. Diese Empfindungen können durch äussere Reize im Auge hervorgerufen werden. Die äusseren Reize, das sind die physischen Farben. Indem Goethe von den physiologischen auf die physischen Farben übergeht, ist es ihm eine ganz selbstverständliche Voraussetzung, dass zwischen diesen äusseren Ursachen ganz die gleichen gesetzmässigen Beziehungen bestehen müssen, wie zwischen den Empfindungen. Nicht als ob er Reiz und Empfindung mit einander verwechselte; er trennt sie ganz klar, wenn er sagt, dass die einzelnen Farbeneindrücke in dem lebendigen Organe entschieden spezifische Zustände hervorbringen.[3]) Aber beide, diese inneren Zustände und die äusseren Reize, die sie hervorrufen, sind für Goethe in solcher Weise einander zugeordnet, dass sie zwei vollkommen parallele, von der gleichen inneren Gesetzmässigkeit beherrschte Reihen bilden. Dieser Gedanke ist bei Goethe nicht direkt ausgesprochen. Dagegen hat ihn Schopenhauer in seiner der Goethischen nachgebildeten Farbenlehre mit voller Deutlichkeit

1) Für die Farben trüber Medien findet sich die Anwendung dieses Prinzips in den §§ 150 und 151 (**I**, 62—63), für die Refraktionsfarben in den §§ 240 und 241 (**I**, 98—99) ausgesprochen.

2) Beiträge zur Optik, 1. Stück, §§ 58 und 59; **V**, 29—30. Desgleichen Farbenlehre, didaktischer Teil, § 214; **I**, 88.

3) In der dritten Abteilung des didaktischen Teiles, unter „Chemische Farben", behandelt Goethe die Farbenmischung ausführlicher. Er unterscheidet wirkliche und scheinbare Mischung; die erstere ist die Mischung von Pigmenten (§§ 551—559; **I**, 223—225), deren Resultat man heute als Differenz- oder Subtraktionsfarben bezeichnet, die letztere umfasst diejenigen Arten von Farbenmischung, die wir jetzt als Additionsfarben bezeichnen (§§ 560—571; **I**, 225—229).

4) § 215; **I**, 89. Siehe auch Beiträge zur Optik, 1. Stück, §§ 58 und 59; **V**, 29—30.

1) Vgl. hierzu besonders die Darstellung in der Einleitung des didaktischen Teiles (**I**, XXXIV—XXXV) ferner § 707 (**I**, 281) und das Kapitel über Totalität und Harmonie, §§ 803—815 (**I**, 321—325).

2) § 814; **I**, 324.

3) § 761; **I**, 308.

ausgedrückt, wenn er sagt:[1]) „es war vorauszusehen, dass das Verhältnis, welches zwischen den Farben im eigentlichen Sinne (d. h. den subjektiven) besteht, auch zwischen ihrer ausser dem Auge liegenden Ursache sich wieder finden musste". Aber eben diese Voraussetzung ist falsch. Die äusseren Reize und die inneren Empfindungen sind für das Auge nicht in dieser einfachen und eindeutigen Weise einander zugeordnet. Sie werden das am besten einsehen, wenn wir in Kürze den Vergleich mit den Gehörsempfindungen heranziehen.

(Schluss folgt.)

1) Arthur Schopenhauer, „Über das Sehen und die Farben", Leipzig 1816, S. 81, unten.

BESPRECHUNGEN.

A. V. Bäcklund, Elektrodynamik. Efter författarens universitetsföreläsningar tre månader af år 1898. VIII u. 198 S. gr. 8. Lund, Gleerupska Universitetsbokhandeln (Hjalmar Möller). 1899.

Das Buch ist aus Vorlesungen des Verfassers während dreier Monate des Jahres 1898 hervorgegangen. Bei der Veröffentlichung hat er ausserdem zu zeigen versucht, wie jene Auffassung von dem Wesen der Elektrizität, welche er in der ersten Note seiner „Jnledning till theorien för de elektriska strömmarna" S. 102—109 skizziert hat, zu einer neuen Darstellung der wichtigen und von der Erfahrung wohl bestätigten Sätze über gegenseitige Wirkungen geschlossener Ströme leitet, welche durch die Ampereschen Gleichungen (10) S. 9 und die Gleichungen für induzierte Ströme

$$i' = \frac{8\lambda^2}{w'} \frac{d}{dt} (i\, W)$$

S. 58 ausgedrückt sind.

Es ist die Ansicht des Verfassers, dass eine vollkommen zusammenhängende Theorie der Elektrodynamik, schwerlich einen anderen Ausgangspunkt haben kann, als diesen Satz, welcher so eng mit dem Gesetze der Fortpflanzung der Kraft des elektrischen Stromes verbunden ist, dass er mit diesem Gesetze unerschütterlich bestehen bleibt. In der eben genannten Note seiner „Inledning" hat er in möglichster Kürze erwähnt, wie eine, von jenem Standpunkte aus betrachtet, bessere Begründung sowohl der Elektrostatik als der Elektrodynamik, als die bisher angenommene, gewonnen werden kann. Die materiellen Teilchen befinden sich danach in einem Äther, welcher am nächsten mit einem dünnen, gewichtslosen Gase von unveränderlicher Temperatur vergleichbar wäre, und sämtliche Kräfte treten nur wie Druckkräfte zwischen diesem Äther und den materiellen Teilchen auf. Mit den Wellen, welche diese in jenem hervorrufen, pflanzen sich die Kräfte von der Materie aus fort. Die Elektrizität ist nichts als eine Art explosionsartiger, periodisch wiederkehrender Volumveränderung derjenigen materiellen Punkte, welche elektrisch erscheinen, und welche samt allen anderen Körper sich in jenem unendlichen Äthermeere befinden. Da diese elektrische Bewegung des Teilchens (welche andererseits durch elektrische Wellen hervorgerufen werden kann), einen explosionsartigen Charakter hat, obgleich sie periodisch ist, so erhalten die hervorgebrachten Effekte dieselbe explosive Beschaffenheit. Aber wir rechnen beständig mit sehr gleichmässig fortlaufenden Funktionen und daher nur mit den Mittelwerten der fraglichen Effekte.

Nachdem Verfasser in der Einleitung, neben der Weberschen, eine von diesem Gesichtspunkte aus gewonnene Ableitung der Gesetze für einen induzierten elektrischen Strom auseinandergesetzt hat, geht er zu seinem eigentlichen Thema über. Im ersten Kapitel behandelt er zuerst die Anwendung einer Formel von Stokes auf die Ampereschen Gleichungen, vergleicht sodann elektrische Ströme und magnetische Scheiben und weist nach, wie ein Magnet mit einem Solenoid oder genauer einer Sammlung infinitesimaler Ströme vergleichbar ist. Kap. II behandelt die Theorie der elektromagnetischen Messinstrumente, u. a. des von Granqvist 1892 konstruierten Galvanometers, in Zusammenhang mit der Rotation von Strömen unter dem Einflusse von Magnetpolen und umgekehrt. Weiter bespricht er hier die Verhältnisse zwischen den elektrostatischen, elektrodynamischen und elektromagnetischen Einheiten der Stromstärke.

Im nächsten Kapitel wird zuerst die elektrostatische und die elektromagnetische Induktion behandelt. Sodann wird der induzierte Magnetismus auseinandergesetzt. Die Moleküle eines paramagnetischen Körpers sind von molekularen elektrischen Strömen umkreist, während solche beim diamagnetischen fehlen. Die Ströme des letzteren entstehen mit der Annäherung und verschwinden erst mit der Entfernung des Magneten, und zwar, weil die hierbei induzierten Ströme den beim Annähern entstandenen entgegengesetzt sind, und diese zerstören. Somit muss das diamagnetische Molekul in allen Richtungen leicht beweglich, folglich

sphärisch sein. Auch beim paramagnetischen Körper kann man statt ursprünglicher Molekularströme induzierte annehmen, welche sodann ihre Richtung wechseln. Aber dann müssen die Moleküle cylindrisch sein. Nachstehende Figur veranschaulicht den Durchschnitt zweier Moleküle samt deren „atmosphärischer Hülle", in welcher die Ströme verlaufen. Beim



Annähern zweier Partikel werden die Ströme von der in der Figur bezeichneten Richtung zur anderen umgeworfen, und eine solche Umkehrung kann nur geschehen, wenn sich die Partikel längs eines Streifens berühren, also cylindrisch (prismatisch) sind und nicht sphärisch. — So ergiebt sich der Joulesche Satz über die beim Magnetisieren auftretende Wärmeentwickelung. — Weiter bespricht der Verfasser nebst einem Experimente von Edlund die Foucaultschen Ströme und beendet das Kapitel mit einer Beschreibung des Ruhmkorffschen Induktoriums und des Transformators von Faraday.

Ein besonderes Kapitel ist der Theorie von den praktischen Anwendungen der Induktionselektrizität gewidmet. Hier wird zuerst die Wechselstrommaschine und dann der Paccinotti-Grammesche Ring schematisch beschrieben und deren Theorie behandelt; darauf folgt eine Darstellung der Theorie der Alternatoren für Kraftübertragung. In diesem Abschnitte findet sich auch eine Beschreibung der Kraftübertragung im Bellschen Telephon. Das Kapitel schliesst mit Erwähnung einer von Faraday herrührenden Ausdrucksweise.

Das fünfte Kapitel behandelt die Entladungsströme. Nachdem Lord Kelvin 1855 gezeigt hatte, dass eine Entladung zwischen zwei geladenen Körpern A und B kontinuierlich oder oscillatorisch ist, je nachdem $w > 2\sqrt{\frac{L}{K}}$ oder $< 2\sqrt{\frac{L}{K}}$ ist, (wo L der Selbstinduktionskoeffizient des Verbindungsdrahtes, K die Kapazität für A und B, deren Ausdruck gegeben wird, bezeichnet), wurde 1857 die Giltigkeit der Theorie von Feddersen experimentell nachgewiesen. Die Kapazität einer sphärischen Leydener Flasche hängt, wenn man mit Q' als strömender Elektrizität rechnet, nur von ihren Dimensionen und nicht von der Dielektrizitätskonstante des isolierenden Stoffes ab. — Sodann wird das Problem von dem Verschwinden des Stromes in den Elektroden einer Säule behandelt, für den Fall, dass die Enden des Drahtes, gleichzeitig wenn sie von der Säule getrennt werden, mit den Belegungen einer Leydener Flasche verbunden werden, und diese Betrachtungen werden für den Öffnungsstrom in dem sekundären Drahte des Induktoriums angewandt. Die elektrischen Ströme im primären und im sekundären Drahte sind jeder aus mindestens zwei Strömen zusammengesetzt, von denen der eine kontinuierlich, der andere oscillatorisch, aber mit abnehmender Amplitude, ist.

Am Schlusse dieses Kapitels werden die Versuche von Hertz besprochen, welche für die Identität von Licht und Elektrizität sprechen. Während die Leitung der Elektrizität mit jener der Wärme vergleichbar ist, kann die strahlende Elektrizität, die Hertzschen Wellen, einen metallischen Leiter nicht durchdringen. Der mathematische Beweis hierfür wird im letzten Kapitel über Maxwells Theorie geliefert. Die Ströme, mit denen Hertz arbeitete, mussten, schon nachdem sie $^1/_{20}$ mm in einen Kupferdraht eingedrungen waren, bis auf $^7/_{1000}$ ihres ursprünglichen Betrages gesunken sein. — Die Maxwellsche Betrachtungsweise nebst Formelsystem, im Wesentlichen nach Maxwell selbst dargestellt, macht den grössten Teil dieses letzten Kapitels aus.

Das Buch ist ausschliesslich vom theoretischen und mathematischen Gesichtspunkte aus geschrieben; die praktischen Anwendungen der Elektrodynamik sind schematisch und als Grundlage der theoretischen Betrachtung behandelt. Hugo Witt, Stockholm.

Personalien.

An der technischen Hochschule zu Berlin ist vom 1. Oktober ab der Mathematiker Professor Dr. Dziobek auf seinen Antrag von der Abhaltung seiner Vortragskollegien entbunden worden. An seine Stelle tritt Privatdozent Oberlehrer Dr. Häntzsche, der damit Dozent der Hochschule wird. Der ihm übertragene Unterricht umfasst die Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, sowie der Elemente der Mechanik für Chemiker und Hüttenleute.

An der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät der Universität Heidelberg hat sich Dr. Karl Boehm mit einer Probevorlesung über „die Mathematik der Natur" habilitiert.

Der Privatdozent für Physik und physikalische Chemie an der Universität in Leipzig Dr. phil. Oskar Knoblauch wurde zum ausserordentlichen Professor in der philosophischen Fakultät derselben Universität ernannt.

Der Privatdozent der Physik an der Universität Greifswald K. Schreber, erhielt vom Minister einen einjährigen Urlaub zum Studium der angewandten Physik an einer Technischen Hochschule.

Der Privatdozent der physiologischen Chemie an der Universität in Jena F. Schulz wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Dr. P. Rabe habilitierte sich für Chemie an der Universität zu Jena.

Der Hilfslehrer für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule zu Stuttgart, Professor H. Rupp, hat zum 1. September seine Entlassung genommen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 43. 28. Juli 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mechanische Schwingungen elektrisch leuchtender Drähte.

Von O. Viol.

In Nr. 40, S. 435 der „Physikalischen Zeitschrift" ist eine Arbeit des Herrn Thomas Tommasina „Über einige durch den Erregerdraht Hertzscher Wellen erzeugte photochemische Wirkungen" veröffentlicht.

Im Anschluss an diese möchte ich bemerken, dass ich im physikalischen Institute der Universität Rostock unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Wachsmuth vor kurzem eine Arbeit auf demselben Gebiete vollendet habe.

Leuchtende Wellen auf einem von einer Funkenstrecke ausgehenden, isoliert aufgespannten Draht sind auch von mir beobachtet und mittelst einer photographischen Kamera fixiert worden.

Meine Anordnung war in Kürze folgende: Von dem negativen Pole einer Influenzmaschine [der positive war zur Erde abgeleitet] führte ein Draht zu einer Funkenstrecke F, an welche der zu untersuchende Draht anschloss. Letzterer war auf die Länge L isoliert eingespannt.



Lässt man eine Ladung bei F übergehen, so gerät der Draht L in mechanische Schwingungen, welche bewirken, dass die Seitenentladung, welche längs des Drahtes L stattfindet, sich in helle und dunkle Strecken einteilt, und man so das Bild einer leuchtenden Welle erhält.

Resultate und Bilder, wie sie Herr Tommasina veröffentlicht, sind auch meine ersten Ergebnisse gewesen, da ich ebenfalls durch direkte Belichtung der Platte die Welle fixieren wollte. Ich war jedoch gezwungen, von diesem direkten Verfahren abzugehen, da Körper, welche man in die Nähe des Drahtes brachte, also auch photographische Platten, durch Influenz Unregelmässigkeiten in der Seitenentladung zur Folge hatten, und das Bild der Welle zerstörten. Legt man den Draht direkt auf die photographische Platte, so tritt an den Stellen, an welchen der Draht dichter anliegt, eine intensivere Schwärzung der Platte ein, als an denjenigen, an denen dies weniger der Fall ist. Man erhält auf diese Art zwar auch ein Wellenbild, es entspricht aber nicht demjenigen, welches man am freien Draht beobachtet.

Die photographische Lichtwirkung dieser leuchtenden Stellen ist zwar schwach, doch kann man bei genügend langer Expositionszeit ganz zufriedenstellende Resultate erzielen.

Meine näheren Untersuchungen beziehen sich auf die Ursachen dieser Erscheinung, und die Bedingungen, unter welchen die leuchtenden Wellen auf dem Drahte zu stande kommen. Mit Rücksicht auf eine Arbeit des Herrn W. Coolidge[1]) glaubte ich es zuerst mit elektrischen Wellen zu thun zu haben. Dies war jedoch nicht der Fall, da die Erscheinung erstens unabhängig war von der Länge der Zuleitungsdrähte, zweitens aber auch ein Anhängen von Kapazitäten, z. B. einer Leydener Flasche, keine besondere Wirkung hervorrief.

Das Entstehen der Wellen war nur durch die Funkenstrecke bedingt. War dieselbe gleich Null, d. h. berührten sich die beiden Kugeln, so besetzte sich der ganze Draht gleichmässig mit leuchtenden Punkten bei negativer Ladung. Sobald F vergrössert wurde, so dass ein Funke übersprang, traten leuchtende Wellen auf, deren Zahl man durch Veränderung der Grösse der Funkenstrecke variieren konnte, und zwar war die Anzahl der Bäuche der Grösse der Funkenstrecke umgekehrt proportional.

Es gelang mir, bei gegebener Drahtlänge L 1, 2, 4, 8, 16 und ebenso auch 1, 3, 6 Bäuche zu erzielen. Während eines Versuches konnte man durch Verstellen der Funkenstrecke immer nur gerade Vielfache der vorigen Wellenzahl erhalten.

Der Ton, der längs des Drahtes zu hören ist, und mit dem der Funkenstrecke überein-

1) W. Coolidge, Wied. Ann. **67**, 578, 1899.

stimmt, ist in seiner Höhe auch umgekehrt proportional der Grösse der Funkenstrecke, d. h. einer kleinen Funkenstrecke entspricht ein hoher Ton, einer grossen dagegen ein tiefer.

Dabei war es interessant zu untersuchen, in welchem Verhältnis Tonhöhe und Funkenzahl stehen; nähere Angaben hierüber hatte ich in der Litteratur nicht finden können. Die Versuche, welche ebenfalls photographisch gemacht wurden, ergaben, dass die jeweilige Anzahl der überspringenden Funken der Schwingungszahl des gehörten Tones entspricht. Ausführlichere Mitteilungen werde ich demnächst veröffentlichen.

Rostock, Physikal. Institut, den 9. Juli 1900.

(Eingegangen 11. Juli 1900.)

Über die Fluorescenz des Chinins.

Von G. C. Schmidt.

In seiner berühmten Abhandlung über die Fluorescenz erwähnt Stokes die Thatsache, dass das schöne, blaue Fluorescenzlicht des Chinins durch Chlor-, Brom-, Jodwasserstoffsäure und durch die Salze dieser Säuren, ferner durch Blausäure u. s. w. vernichtet werde. Die Erscheinung ist später von E. Buckingham[1]) eingehend untersucht worden. Aus einer Reihe von Versuchen schliesst er, dass nur das Chininion zu fluorescieren vermag, und dass dies Fluorescenzlicht durch die Halogenionen, gleichgiltig woher sie stammen, vernichtet wird.

Die nächstliegende Annahme, um diese Erscheinung zu erklären, wäre wohl die, dass Polymoleküle des Chinins oder Verbindungen des Halogens mit dem Chinin entstehen, welche nicht zu fluorescieren vermögen. Wenn diese Annahme richtig ist, so muss die Absorption eine verschiedene sein, einmal, wenn man das fluorescierende Präparat untersucht und dann nach Zusatz eines Körpers, der die Fluorescenz vernichtet. Ich bin dieser Frage näher getreten, indem ich einmal die Absorption des Chininsulfats allein und darauf nach Zusatz von *KCl*, *KBr* u. s. w. photographiert habe.

Das Verfahren war folgendes: Das Bild von zwischen zwei Spitzen aus Cadmium überspringenden Funken wurde durch eine Quarzlinse auf den Spalt eines Spektralapparats geworfen, dessen Beobachtungsfernrohr eine photographische Schieberkassette enthielt. Die Linsen waren Flussspath-Quarzachromate von Zeiss; das Prisma bestand aus je einem rechts und links drehenden Quarzprisma von 30°. Zuerst wurde das Linienspektrum des Cadmiums und darauf unmittelbar das Absorptionsspektrum der betreffenden Lösung, die sich vor dem Spalt in einem Quarztrog befand, photographiert. Aus den bekannten Wellenlängen der Cadmiumlinien liess sich leicht berechnen, an welchen Stellen des Spektrums die Absorption liegt. Durch Verändern der Dicke von 1—8 mm und Verdünnen der Lösung konnte man leicht einen Überblick über die Lagen der Maxima und Minima der Absorption gewinnen.[1])

Um die Wellenlängen des Fluorescenzspektrums zu bestimmen, wurde das von E. von Lommel angegebene Verfahren benutzt. Die Strahlen einer Lichtquelle fielen streifend auf einen Troge mit dem fluorescierenden Körper. Gegenüber dem Troge stand der Spektralapparat. Auf diese Weise war jedes fremde Licht, namentlich das an den Glaswänden reflektierte, unschädlich gemacht.

Chininbisulfat: Das Chininbisulfat (höchste Konzentration 0,1 % in 8 mm Schichtdicke) absorbiert von 400 $\mu\mu$ an; das Maximum liegt zwischen 340—326 $\mu\mu$; von 298—259 $\mu\mu$ ist die Lösung ziemlich durchlässig, das weitere Ultraviolett wurde vollkommen absorbiert. Das Chininbisulfat besitzt also zwei Absorptionsmaxima.

Zusatz von *KCl*, *KBr*, *KJ*, *NaCl*, *NaBr* u. s. w. änderte das Absorptionsspektrum nicht.

Entsprechend dem Absorptionsspektrum zeigt das Fluorescenzlicht zwei durch ein sehr schwaches Minimum gehende Maxima. Der Anfang derselben liegt bei 530 $\mu\mu$, das Minimum bei 525 $\mu\mu$; das weiteste Maximum bei 460 $\mu\mu$, das Ende bei 420 $\mu\mu$.

Chininsulfat: Die Absorption beginnt bei 362 $\mu\mu$, steigt bis zu einem wenig ausgesprochenen Maximum bei 328 $\mu\mu$ und fällt darauf wieder; von 250 wird selbst von sehr verdünnten Lösungen alles weggenommen. Die Absorption unterscheidet sich von der des Chininbisulfats hauptsächlich dadurch, dass sie mehr nach dem Ultraviolett gerückt ist. Dementsprechend ist auch das Fluorescenzlicht sehr viel violetter, als das des Chininbisulfats. Auch hier vermochten die Halogenionen keine Änderung oder Verschiebung im Spektrum zu bewirken. Soweit man das aus den unter gleichen Bedingungen angefertigten Photographien entnehmen konnte, war auch quantitativ die Absorption ohne und nach Zusatz von Chlorkalium die gleiche.

Aus der v. Lommelschen[2]) Theorie der Fluorescenz würde folgen, dass infolge der Dämpfung das Fluorescenzlicht nach Zusatz von

1) E. Buckingham, Ztschr. f. physikal. Chemie **14**, 129, 1894.

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **53**, 542, 1894.
2) E. v. Lommel, Wied. Ann. **3**, 252, 1876.

Halogenionen mehr nach dem Infrarot rücken und schliesslich für unser Auge unsichtbar sein müsste. Etwas dergleichen findet nicht statt; nur die Intensität wird schwächer und schwächer nach dem Zusatz, bis schliesslich das Luminiscenzlicht nicht mehr wahrnehmbar ist.

Aus den mitgeteilten Versuchen geht hervor, dass das Chinin durch die Halogenionen keine chemische Änderung erfährt, ein Schluss, der in vollkommenem Einklang mit den Versuchsergebnissen von Buckingham[1]) steht.

Nachdem die Versuche, auf diese Weise eine Erklärung für die Vernichtung der Fluorescenz zu finden misslungen waren, habe ich versucht, auf einem anderen Wege dieser Frage näher zu treten. Nach einer sehr wahrscheinlichen Hypothese wird das Fluorescenzlicht durch Schwingungen des Elektrons hervorgerufen. Das letztere muss aber, da wir es hier mit Ionen zu thun haben, auch bei allen chemischen Reaktionen ins Spiel treten. Da nun die Halogenionen das Fluorescenzlicht vernichten, so erschien es nicht ausgeschlossen, dass sie auch die chemische Reaktionsfähigkeit verlangsamen bezw. ganz aufheben könnten. Die Halogenionen wären dann, wenn sich diese Annahme bestätigen sollte, katalytische Stoffe. Um diese Annahme zu prüfen, wurde Chininbisulfat teils ohne, teils mit einem Überschuss von Schwefelsäure gelöst und nach Zusatz von verschiedenen Mengen von Halogenionen dem Sonnenlichte ausgesetzt, in der Erwartung, dass sich das Chinin in Cinchonin umlagern würde, eine Reaktion, die sich leicht mit dem Polarisationsapparate würde verfolgen lassen können. Nach 4 Wochen war aber die Drehung beinahe ebenso gross wie zu Anfang, gleichwohl war deutlich zu sehen, dass die verschiedenen Lösungen sich ganz verschieden verhielten; die folgenden kurzen Angaben werden genügen, um einen Überblick über das Verhalten der verschiedenen Lösungen zu geben.

Chininsulfat $^1/_{10}$ normal in $^1/_2$ normal Schwefelsäure gelöst, zeigte, nachdem es 4 Wochen im Dunkeln aufbewahrt war, keine Spur von Zersetzung. Das Fluorescenzlicht war ebenso intensiv, wie das der frisch bereiteten Lösung. Dieselbe Lösung mit Zusätzen zeigte, nachdem sie 4 Wochen dem Lichte ausgesetzt war, folgendes Verhalten:

	Fluorescenz	Farbe nach 4 Wochen
50 cbc Chininsulfat	intensiv	braun
50 cbc „ + 0,2 cbc nom. $NaCl$	schwächer	gelb
50 cbc „ + 2 „ „ „	schwach	gelblich
50 cbc „ + 5 „ „ „	sehr schwach	weiss

Genau dasselbe Ansehen besassen die Lösungen, welche KCl, KBr, HCl enthielten. Die Lösungen, welche mit KJ und NaJ versetzt waren, enthielten einen dicken rötlichen Niederschlag, den ich nicht weiter untersucht habe.

Andere Versuche, bei denen das Chinin in wässerigem Alkohol gelöst war, ergaben genau die gleichen Resultate.

Aus diesen Versuchen lässt sich entnehmen, dass die Halogenionen die Zersetzung des Chinins verlangsamen bez. wenn sie in genügender Konzentration vorhanden sind, ganz aufheben. Sobald die Konzentration der Halogenionen so gross ist, dass das Chinin nicht mehr fluoresciert, findet auch keine Zersetzung am Lichte statt. Da nun aus den vorher beschriebenen Versuchen hervorgeht, dass das Chinin sich mit den Halogenionen nicht verbindet, so wirken letztere nur durch ihre Gegenwart. Sie sind somit katalytische Stoffe, und es ergiebt sich daher ein Zusammenhang zwischen Katalyse und Fluorescenz, den ich gerne weiter verfolgt hätte. Ich habe eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, um eine Reaktion des Chinins aufzufinden, die sich quantitativ verfolgen liesse, in der Hoffnung auch quantitative Zahlen für die katalytische Wirkung der Halogenionen zu finden, bisher aber ohne Erfolg. Vielleicht vermag mir ein Fachgenosse oder ein Chemiker eine derartige Reaktion mitzuteilen. Ich würde ihm hierfür sehr dankbar sein.

Eberswalde, 15. Juli. Kgl. Forstakademie.

(Eingegangen 18. Juli 1900.)

1) E. Buckingham l. c.

VORTRÄGE UND REDEN.

Goethes optische Studien.

Von Walter König.

(Schluss.)

Die Töne der musikalischen Skala bilden physikalisch eine einfache aufsteigende Reihe, deren im übrigen gleichartige Elemente sich durch die wachsende Schwingungszahl von einander unterscheiden; die zugehörigen Empfindungen bilden eine ganz parallele einfache Reihe, deren entsprechendes Charakteristikum die aufsteigende Tonhöhe ist. Anderseits bildet die prismatische Folge der Farben physikalisch eine ganz ähnliche Reihe mit aufsteigender Schwingungszahl, wie die Töne der musikalischen

Skala; aber die zugehörigen Empfindungen bilden keine einfache Reihe mit einem der Tonhöhe ähnlichen Charakteristikum. Vielmehr wechselt die Empfindung mit steigender Schwingungszahl ihren Charakter, von Rot su Gelb, von Gelb zu Grün, von Grün zu Blau; dazwischen liegenden einfachen Schwingungen entsprechen nicht einfache, sondern zusammengesetzte Empfindungen, Mischfarben wie Orange, Gelbgrün u. s. w., während beim Ohr jede einfache Schwingung auch eine einfache Tonempfindung auslöst. Die Reihe unserer Tonempfindungen sondert sich ferner, wie Sie wissen, nach verwandtschaftlichen Verhältnissen, die physikalisch ihren Ausdruck in der Einfachheit des Verhältnisses der Schwingungszahlen finden. Beim Auge ist nichts von einer solchen Parallelbeziehung vorhanden. Die einfachen Farben sind nicht durch einfache Schwingungsverhältnisse charakterisiert und umgekehrt einfachen Schwingungsverhältnissen entsprechen keine verwandtschaftlichen Farbenbeziehungen. Und endlich ein Drittes. Beim Zusammenklang mehrerer Töne hat das Ohr im Allgemeinen die Empfindung eines zusammengesetzten Klanges und besitzt die Fähigkeit — wenigstens kann sie durch Übung der Aufmerksamkeit ausgebildet werden — die einzelnen Teile des Klanges herauszuhören.

Das Ohr ist gewissermassen ein analysierendes Organ. Das Auge aber hat nicht nur für manche einfache Ätherschwingungen zusammengesetzte Empfindungen, sondern es kann umgekehrt auf die gleichzeitige Einwirkung mehrerer oder vieler Schwingungen mit einfachen Empfindungen reagieren. Man kann es in diesem Sinne, im Gegensatze zu dem analytischen Charakter des Ohres, vielleicht als ein synthetisches Organ bezeichnen. Das sind Thatsachen der Erfahrung. Die Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung, die für das Ohr relativ einfach sind, haben für das Auge eine eigentümlich verwickelte Gestalt. Das Problem, diese merkwürdigen Beziehungen in möglichst einfacher Weise zu formulieren, ist ein so schwieriges, dass es bis heute noch keine unbestrittene Lösung gefunden hat. Für Goethe bestand diese Schwierigkeit überhaupt nicht. Er leugnete, dass die einfache Empfindung Weiss durch einen komplizierten physikalischen Vorgang hervorgerufen werden könne. Ihm war es selbstverständlich, dass einfachen Empfindungen einfache Reize entsprächen, und dass die gesetzmässigen Beziehungen zwischen den Empfindungen auch als gesetzmässige Beziehungen von gleicher Art zwischen den äusseren Reizen bestehen müssten. Wäre ihm diese Auffassung nicht so selbstverständlich gewesen, so hätte er die ganze Idee seiner Farbenlehre nicht fassen können. Denn ihre Grundlage war ja die Annahme einer einheitlichen Gesetzmässigkeit aller Farbenerscheinungen. Wir aber erkennen bei aller Bewunderung für die Grossartigkeit seiner Absichten an dieser Stelle den Punkt, an dem er mit der Durchführung seiner Idee notwendig scheitern musste.

Wollen wir, um vollständig zu sein, noch den übrigen Inhalt des didaktischen Teiles durchgehen, so können wir uns ausserordentlich kurz fassen. Denn alle weiteren Ausführungen sind nur Anwendungen der bisher gewonnenen Prinzipien. Unter den physischen Farben hat er noch die Farben dünner Blättchen, die Farben der Beugung am Schattenrande, die irisierenden Farben geritzter Metallflächen und anderes behandelt und auf seine Weise zu erklären versucht.[1]) Als nach dem Erscheinen der Farbenlehre die chromatische Polarisation, die Farben schlecht gekühlter Gläser und krystallinischer Objekte im polarisierten Lichte entdeckt wurden, hat er auch diesen das eingehendste Studium zugewandt und hat 1820 noch einmal eine längere Abhandlung über diese entoptischen Farben geschrieben.[2]) Dass diese Farben unter entgegengesetzten Bedingungen in komplementären Formen auftreten, passte ihm natürlich ausgezeichnet zu seinem Gesetze der Polarität. Aber zu einem eigentlichen physikalischen Verständnisse dieser Erscheinungen hat er auf seinem Wege nicht gelangen können. Und in gleicher Weise unfruchtbar sind seine Betrachtungen über die chemischen Farben, über die Pigmente.[3]) Er sucht nach dem Zusammenhang zwischen der Farbe und der chemischen Zusammensetzung, und da sich zu jener Zeit die chemischen Ver-

1) Goethe stellt den dioptrischen Farben, die er in den erwähnten zwei Klassen behandelt hat, die katoptrischen, paroptischen und epoptischen Farben gegenüber. Unter den katoptrischen Farben (§§ 366—388; I, 153—162) versteht er Farben, die bei Spiegelung an gewissen Objekten auftreten, so an Metallsaiten, an geritzten oder angeätzten Silberplatten, an Spinnweben, desgleichen die irisierenden Farben der Perlmutter und der Vogelfedern. Unter den paroptischen Farben (§§ 389—428; I, 162—176) versteht er die Beugungsfarben im eigentlichen Sinne, die am Schattenrande eines undurchsichtigen Körpers auftreten. Er suchte sie aus parallaktischer Wirkung der Lichtquelle herzuleiten (§ 412; I, 170), liess aber die Frage offen, ob diese Annahme ausreiche, oder ob man zu gewissen inneren Eigenschaften des Lichtes seine Zuflucht nehmen müsse (§ 414; I, 171). Übrigens bemerkt er in § 416 ganz richtig, dass die katoptrischen Farben eigentlich von derselben Art wären, wie die paroptischen. Die epoptischen Farben endlich (§§ 429—485; I, 176—199) sind die Interferenzfarben dünner Blättchen; hier behandelt Goethe die Newtonschen Ringe, die Hauchfarben, die Farben der Seifenblasen, der Ölhäutchen auf Wasser, die Anlauffarben der Metalle; er macht auf den komplementären Gegensatz der Farben im reflektierten und im durchscheinenden Lichte aufmerksam (§ 454; I, 187—188) und sucht seine Ideen von der Entstehung der Farben durch das Trübe darauf anzuwenden.

2) „Die entoptischen Farben"; V, 223—318.

3) Von den chemischen Farben handeln die §§ 486—687; I, 200—272.

schiedenheiten vor allem in dem grossen Gegensatze von Säuren und Alkalien darstellen, so verknüpft er seine Farbenpolarität mit diesem Gegensatze und sucht den Gedanken durchzuführen, dass das Gelbe und Gelbrote den Säuren, das Blaue und Blaurote den Alkalien zukomme.[1]) Er weist als Beleg dafür auf die Röte des oxydierten arteriellen Blutes hin,[2]) auf die roten und gelben Farben der Oxyde von Eisen, Blei, Quecksilber, während bei der Bereitung von Berlinerblau Alkalien im Spiele wären;[3]) aber das vollkommenste Beispiel ist ihm natürlich der bekannte Versuch mit der Lackmustinktur, die durch Säuren rot, durch Alkalien blau gefärbt wird.[4]) Hätte Goethe das Farbenmaterial unserer Zeit zur Verfügung gehabt, so würde er mit dieser Klassification bald in die Brüche geraten sein. Aber bei aller Unfruchtbarkeit in der Anwendung seiner Ideen staunen wir doch überall über seine umfassenden Kenntnisse und über die Sorgfalt, mit der er alle diese Erscheinungen studiert und beschrieben hat. Wie scharf er beobachtete, lassen Sie mich nur noch mit einem Beispiele belegen, das ich gern einer unverdienten Vergessenheit entreissen möchte. Er bemerkt, dass auf der Oberfläche fester Pigmente ein entschiedener Metallglanz erscheint, in welchem die dem Farbstoff komplementäre Farbe spielt, z. B. die Kupferfarbe an diesem Indigo.[5]) Diesen Satz hat Haidinger 42 Jahre nach dem Erscheinen von Goethes Farbenlehre ausgesprochen, und er geht heute in der Optik unter dem Namen des Haidingerschen Gesetzes.[6]) Man könnte es mit Fug und Recht das Goethische Gesetz nennen.

Doch wir dürfen nicht weiter in Einzelheiten eindringen. Möchten Sie aus diesen Betrachtungen vor allem die Überzeugung mit heimnehmen, dass wir es auch bei Goethe, dem Physiker, mit einem Manne zu thun haben, der sich nicht in dilettantischer Spielerei mit wissenschaftlichen Fragen beschäftigt, sondern der sie anfasst mit dem heiligen Ernst und dem nie erschlaffenden Pflichtgefühle des berufenen Forschers. Der leuchtende Leitstern aber, der seine Schritte lenkte und ihm die Bahn vorzeichnete, war seine grosse einheitliche Natur- und Weltauffassung. Jene allgemeinen Ideen, die er in die Farbenlehre einzuführen versucht hat, die Idee der Steigerung,

1) §§ 491 und 492; I, 201—202.
2) § 643; I, 255.
3) §§ 514, 515, 520; I, 210, 212—213.
4) § 533; I, 216.
5) §§ 578, 579, 580; I, 231—232.
6) Vgl. hierüber Walter, „Die Oberflächen- oder Schiller-Farben", Braunschweig 1895, S. 42. Die Arbeit Haidingers ist 1852 in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Klasse der Wiener Akademie, Band VIII, S. 97—133 erschienen.

die Idee der Polarität — wir begegnen ihnen in seinen Schriften unter den verschiedensten Formen.[1]) Von der Idee der Steigerung hat er die glücklichste Anwendung in dem Prinzip der Entwicklung gemacht, durch das er die organische Welt zu einem aufsteigenden Ganzen zusammenfasste; die Polarität aber ist ihm geradezu die Grundform alles Geschehens überhaupt. Alles, was erscheinen soll, muss entweder eine ursprüngliche Entzweiung, die einer Vereinigung fähig ist, oder eine ursprüngliche Einheit, die zur Entzweiung gelangen könne, andeuten. Das Geeinte zu entzweien, das Entzweite zu einigen, ist das Leben der Natur.[2]) Aber nicht bloss in seiner Auffassung des Wirklichen begegnen wir diesem Gesetz des Gegensatzes; es tritt uns auch als gestaltendes Prinzip in seinem künstlerischen Schaffen entgegen. Ich erinnere Sie an die gegensätzlichen Gestalten, die wir in seinen Dramen finden, Carlos und Clavigo, Tasso und Antonio, Faust und Mephisto, oder an das Doppelpaar in den Wahlverwandtschaften. Das sind überall nicht einfache Gegensätze, die ein geschickter Dramatiker oder Romanschreiber nebeneinander stellt, um die Charakteristik durch den Kontrast zu verschärfen, sondern es ist immer ein entzweites Ganzes, es ist eine Totalität, die er in solchem Gegensatze zu erschöpfen sucht, die Totalität einer Weltanschauung, die Totalität seines Weltbildes.

So wiederhole ich, was ich am Anfang sagte. Es ist der ganze Goethe, der aus seiner Farbenlehre zu uns spricht, der Goethe, der uns den Faust als den Typus des ewig ringenden und strebenden Menschengeistes ge-

1) Vgl. die Erläuterung zu dem aphoristischen Aufsatz „Die Natur"; **XI**, 11.

2) Die zitierte Stelle steht in § 739; I, 296. In dem gleichen, ganz allgemeinen Sinne spricht er sich im Vorwort zur Farbenlehre aus (I, X—XI) und ebenso in dem kleinen Aufsatze „Polarität" (**XI**, 164—166). Dass die Hauptabsicht des ganzen Werkes auf die Einführung des Begriffes der Polarität in die Farbenlehre gerichtet ist, hat er in der genannten Stelle des Vorworts, ebenso in § 744 (I, 298—299) und an anderen Stellen der Farbenlehre ganz direkt ausgesprochen. Dass er sich dabei in erster Linie von der Analogie mit polaren Erscheinungen in anderen Gebieten der Physik hat leiten lassen (Magnetismus, Elektrizität), das lehren die Ausführungen in den §§ 741—745 (I, 296—299) auf das Deutlichste. Man versteht den Einfluss, den diese Kenntnisse auf die Entwicklung seiner Gedanken über die Farbe gehabt haben, wenn man sich vergegenwärtigt, welches Aufsehen die Entdeckungen auf elektrischem Gebiete zu jener Zeit machten. Mit welchem Eifer sich Goethe auch über diese Gebiete der Physik unterrichtet hat, und mit welchem Interesse er der Entwicklung dieser Kenntnisse gefolgt ist, lassen uns die Schemata der physikalischen Vorträge erkennen, die er im Winter 1805—6 einem Kreise von Weimarer Damen gehalten hat (**XI**, 176 bis 239) und der Überblick über seinen „naturwissenschaftlichen Entwicklungsgang" (**XI**, 299—302). Endlich möge nicht unerwähnt bleiben, dass ihn der Begriff der Polarität auch in seinen meteorologischen Studien geleitet hat, was in seinem „Versuch einer Witterungslehre" im Kapitel „Analogie" in eigentümlicher Weise zum Ausdruck kommt (**XII**, 105—106).

schenkt hat. Er selbst war der Faust, der ewig strebend sich bemühte, und in diesem Sinne steht seine gewaltige Gestalt auch für uns Naturforscher als höchstes Vorbild selbstloser Hingabe in dem Streben nach reiner wahrer Erkenntnis an der Schwelle dieses Jahrhunderts der Naturwissenschaften. Nehmen wir dieses Vorbild mit hinüber in das kommende Jahrhundert. Wenn sich je in der überstürzten Entwicklung unserer Zeit nach der Seite des Technischen, des Praktischen hin die Triebfedern der Forschung verwirren, ihre reinen und hohen Ziele sich verschieben, blicken wir dann auf ihn. Wie der Schatten des Riesen in seinem Märchen die Menschen hinüberträgt über den Fluss in das Land der schönen Lilie, so trägt uns sein Schatten, so oft wir uns ihm willig anvertrauen, aus dieser wirren Welt hinüber in das Land der Ideale, nicht in ein Reich hohler Schemen, sondern in eine Welt von einer reineren und höheren Wirklichkeit.

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

I. Der Telephonograph.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Der Telephonograph erregt auf der Pariser Ausstellung allgemeines Aufsehen; er bildet nach dem Urteile vieler Fachleute eines der interessantesten Objekte der Ausstellung.

Die Apparate befinden sich in der dänischen Abteilung der Klasse 26 im Elektrizitätspalast (Champ de Mars) und sind ausgestellt von der Aktiengesellschaft „Telegraphonen Patent Poulsen" in Kopenhagen. Es sind mehrere Drahttelephonographen im Betriebe, die den Zweck haben, das Prinzip der Erfindung zu demonstrieren. Letzteres ist bereits in Heft 38 dieser Zeitschrift ausführlich besprochen worden, doch dürften einige nähere Angaben, sowie Konstruktionseinzelheiten der ausgestellten Apparate von allgemeinem Interesse sein.

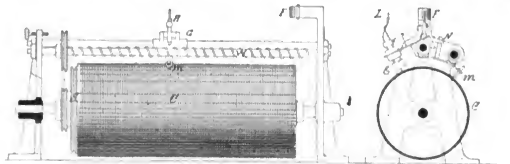


Fig. 1.

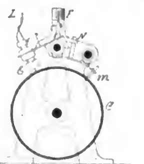




Fig. 2.

Auf dem Umfang des Messingcylinders *C* (Fig. 1) von etwa 140 mm Durchmesser und 280 mm Länge ist ein feiner Gewindegang eingeschnitten und in diesen ein Stahldraht von ca. 1 mm Durchmesser gewickelt. Die Länge des Drahtes beträgt etwa 100 m. Der Cylinder wird durch einen kleinen Elektromotor mittelst Schnurscheibe *S* angetrieben und erhält dadurch eine mässige Umfangsgeschwindigkeit. Auf dem Stahldrahte schleifen durch ihr eigenes Gewicht zwei Spulen *E* von feinstem Relaisdraht, die über Kerne aus weichstem schwedischen Eisen von 1 mm Durchmesser gewickelt sind.

Die Eisenkerne sind, wie aus der Figur 2 ersichtlich, unter einem Winkel gegeneinander gestellt, sodass ihre freien Enden den Stahldraht möglichst gut umfassen und in dieser Stellung durch umgossenen Siegellack fixiert.

Beim Betriebe verschiebt der um die Walze spiralig gewundene Draht den ihn umfassenden Doppelelektromagneten *E* selbstthätig in axialer Richtung, doch ist, um einen einseitigen Druck auf das Gleitstück *G* und eine Abnutzung der Eisenkerne im Doppelelektromagneten *E* zu vermeiden, noch der Meissel *m* (Fig. 1, 3, 4) angeordnet, der ebenfalls zwischen die Windungen des Stahldrahtes eingreift.

Nähert sich das Gleitstück dem Ende der Walze, so stösst der Stift am Hebel *H* (Fig. 3) gegen eine schräge Fläche *F* und zwingt den Hebel seitwärts auszuweichen. Mittelst eines Kettchens wird der Schreibmagnet hochgehoben und der Hebel *H* schnappt unter die Nase *N*. Nachdem nun der Stift die schräge Fläche passiert hat, fällt der Hebel *H* durch das Gewicht des Elektromagneten etwas zurück, hebt dabei den Meissel *m* aus dem Drahtgewinde der Walze und drückt den Gewindeeingriff *D* gegen die

mit einem steilen Gewinde versehene Welle *W*. Diese erhält durch Schnurscheibenantrieb von der Trommelwelle eine passende Drehung und befördert das Gleitstück *G* mit dem Elektro-

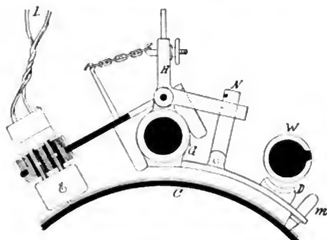


Fig. 3.

magneten *E* nach dem anderen Ende der Trommel, d. h. in die Anfangsstellung zurück. Hier stösst die Nase *N* gegen einen Stift, der Hebel *H* wird ausgelöst und fällt zugleich mit dem Elektromagneten auf der anderen Seite des Gleitstückes, auf den auf die Trommel gewundenen Draht, damit einen neuen Lauf über die Trommel beginnend.

Diese Konstruktion hat den Zweck, den Apparat dauernd im Betrieb zu erhalten, so dass jeder Interessent nur das an der Leitungsschnur *L* hängende Telephon ans Ohr zu halten braucht, um das auf den Draht Gesungene oder Gesprochene zu hören.

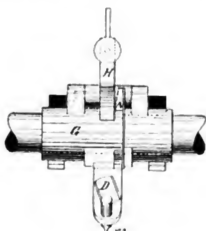


Fig. 4.

Auch gestattet diese Einrichtung jede gewünschte Repetition des Gehörten, gleichviel an welcher Stelle der Walze, vorzunehmen.

Was die Deutlichkeit der Wiedergabe anlangt, so ist dieselbe geradezu verblüffend. Trotzdem die Apparate sich in der Ausstellung an dem denkbar ungünstigsten Platze, inmitten der Maschinenhalle zwischen grossen geräuschvollen Maschinen befinden, funktioniert der Magnetophonograph tadellos. Er giebt die Töne und Laute vollständig rein und ohne Nebengeräusch mit überraschender Klarheit wieder. Die Klangfarbe und individuelle Charakteristik des Sprechers oder Sängers bleiben völlig gewahrt, und die Reproduktion ist so deutlich, dass man sogar das Atemholen zwischen den einzelnen Satzpausen deutlich wahrnimmt.

Der Telephonograph stellt somit eine äusserst glückliche Lösung des Problems der Verbindung von Telephon und Phonograph dar, sodass seiner Einführung in das Telephonwesen nichts mehr entgegensteht. Dass diese Einführung in die Entwickelung des Telephonverkehrs ein neues und wichtiges fortschrittliches Moment hervorbringen wird, steht ausser Frage. Auch der


Fig. 5.

Phonograph selbst tritt damit in eine neue Phase der Entwickelung ein. Neben diesem Hauptanwendungsgebiet wird sich das magnetophonographische Prinzip auch zu wissenschaftlichen Zwecken mannigfach verwenden lassen; es tritt zu den bisherigen elektrischen Registriermethoden und wird wegen seiner eigentümlichen Vorzüge besonders da eine Lücke auszufüllen imstande sein, wo es sich um Aufzeichnung schnell aufeinander folgender Stromimpulse handelt. Für die Verwertung und Einführung des Telephonographen in allen Kulturstaaten, hat sich in Berlin ein Syndikat gebildet, an dessen Spitze die Aktiengesellschaft Mix & Genest steht. Die Letztere hat vor einiger Zeit in Paris eine Sonderausstellung veranstaltet, um hervorragenden Fachleuten verschiedener Nationalität Gelegenheit zu geben, sich mit den Einzelheiten der Erfindung und den vielseitigen Verwendungsarten vertraut zu machen; bei dieser Gelegenheit wurden bereits eine Reihe von

Apparaten vorgeführt, welche die praktische Brauchbarkeit des magnetophonographischen Prinzips überzeugend erkennen liessen. Auf dieser Ausstellung befanden sich Magnetophonographen verschiedener Bauart, darunter die solcher für 15 Minuten Gesprächsdauer mit einem Stahlbande von $3 \times 0{,}05$ mm als Gesprächsträger, Telephonographen zur Niederschrift von Ferngesprächen in Abwesenheit des Empfängers, telephonographische Multiplikatoren zur Vervielfältigung von telephonischen Mitteilungen und zur Lautverstärkung (Telephonrelais) und Experimentalapparate für Zweifachtelephonie (vgl. Heft 38 dieser Zeitschrift.)

Auch in wissenschaftlichen Kreisen hat der Telephonograph das grösste Aufsehen erregt. Unter anderem hat in der Sitzung vom 25. Juni Herr Prof. Mascart den vom Erfinder benutzten Originalapparat der Pariser Akademie der Wissenschaften vorgeführt und Herrn Poulsen zu seiner genialen Erfindung gratuliert; alle Mitglieder stimmten in der Bewunderung für die Erfindung und deren praktische Bedeutung überein.

Über die auf der Weltausstellung leider nicht vertretenen anderen Formen der Apparate ist Verfasser in der Lage, an der Hand einiger Skizzen und Photographien eingehend zu berichten.

Schon heute mag eine Photographie der Mix & Genestschen Ausführungsform des Drahttelephonographen, die sich im wesentlichen mit der Pariser Ausstellungsform deckt, beigefügt werden. (Fig. 5.)

Paris, Anfang Juli 1900.

(Eingegangen 15. Juli 1900.)

BESPRECHUNGEN.

J. Biehringer, Einführung in die Stöchiometrie. Mit Rechenbeispielen. 18 Abbild., 1 Tafel, XVIII und 498 Seiten. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1900. Preis M. 9.—.

Das vorliegende Buch hat zum Zweck, die Lehre von der quantitativen Zusammensetzung der Körper und ihren mit dieser zusammenhängenden Eigenschaften in erster Linie dem Studierenden zu übermitteln. Der Begriff der Stöchiometrie ist also hier in seinem weitesten Sinne gemeint, etwa so wie ihn der I. Band des bekannten Ostwaldschen grossen Lehrbuches umfasst. Als besonders förderlich für einen nutzbringenden Gebrauch des Buches sind in grosser Zahl Rechenbeispiele eingestreut, deren Auswahl als zweckmässig und geschickt anzuerkennen ist. Die Behandlung des Stoffes selbst steht vollkommen auf dem modernen Standpunkt der physikalischen Chemie, und es ist als ein ganz besonders erfreuliches Zeichen zu begrüssen, dass diese Wissenschaft sich überall, wo Chemie gelehrt wird, ihre feste Stellung erwirbt, denn das Buch ist aus den Vorlesungen des Verfassers an der Braunschweiger technischen Hochschule hervorgegangen.

Die Stoffeinteilung des Buches ist etwa die des citierten I. Bandes des Ostwaldschen Lehrbuches, doch schliesst sich noch die Behandlung der Massanalyse und der indirekten Analyse an. Zu vermissen erscheint dem Referenten nur eine Behandlung des Verteilungssatzes, der doch ein Prinzip von allgemeiner und fundamentaler Bedeutung ist, und aus dem sich die Gesetze von Henry, der Dampftension, Löslichkeit u. s. w. so anschaulich als Spezialfälle ergeben. Bei der Behandlung der Gasgesetze hätte vielleicht auf den reziproken Wert des Molekularvolumens, nämlich den Molgehalt der Volumeinheit (entsprechend der Normalität der Lösungen), der die Gasberechnungen in eine so bequeme Analogie zu den massanalytischen Rechnungen bringt, hingewiesen werden sollen. Auch dürfte es für die Temperaturreduktionen bei Gasen rechnerisch vorzuziehen sein, nicht mit dem Faktor $(1 + 0.00366\,t)$, sondern mit dem Verhältnis der absoluten Temperaturen $\frac{T}{T_0}$ zu operieren. Doch das sind Kleinigkeiten und Ansichtssachen. — Die vielfachen Hinweise auf wichtige technische Anwendungen des Behandelten, und ihre Berücksichtigung bei der Auswahl der Rechenbeispiele, werden das Buch nicht nur dem Techniker, sondern allgemein willkommen machen. Dem Physiker speziell dürfte es als eine zweckmässige Zusammenfassung desjenigen schätzenswert sein, was an den chemischen Stoffen seinem Interesse am nächsten liegt. R. A.

Personalien.

Dem ausserordentlichen Professor Dr. Joachim Teichmüller an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe wurde die etatsmässige Amtsstelle eines ausserordentlichen Professors für Elektrotechnik an dieser Hochschule übertragen.

In Halle starb der Mathematiker Prof. Wiltheiss.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 44. 4. August 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Projektionen des Äthers.[1])

Von P. de Heen.

Unsere Grundannahme lässt sich folgendermassen zusammenfassen: 1. Von jedem Erschütterungscentrum des Äthers aus wird diese Substanz mit mehr oder weniger grosser Geschwindigkeit umhergeschleudert. 2. Diese Äther-„schleuderungen" besitzen die Fähigkeit, in ihrer Bewegung sowohl die auf einem Körper befindliche Elektrizität als auch die Ionen, die den Gasinhalt sehr stark evakuierter Röhren bilden, mit fortzuziehen.

Von diesem Standpunkte aus lassen sich die Hauptthatsachen der Crookesschen Röhren durch die Annahme erklären, dass die Kathode ein sehr intensives Ätherausschleuderungscentrum bildet. Da nun diese Schleuderungen (projections) die Ionen der strahlenden Materie mit sich fortziehen können, so können sie auch mechanische Wirkungen ausüben, und werden als solche Kathodenstrahlen genannt. Wenn nun dieses Gemisch von Äther und Ionen auf die Antikathode auftrifft, so wird durch den dabei erfolgenden Stoss der Äther von den Ionen befreit, indem letztere wenigstens teilweise in die feste Masse eindringen. Diesem so gereinigten weggeschleuderten Äther gelingt es nun leichter, die Glasbirne zu passieren, und zwar als X-Strahlen.[2]) Diese Art und Weise, die Vorgänge zu betrachten, rechtfertigt sich durch folgende Thatsachen:

Lässt man ein Büschel Röntgenstrahlen in ein Radiometer eintreten, so zieht dieses Büschel darin enthaltene Gasteilchen mit sich fort und kann so von neuem mechanische Wirkungen ausüben. Ein Radiometer, das der Wirkung dieser Strahlen ausgesetzt ist, verhält sich ungefähr wie ein Rädchen, das gleichmässig von einem Wasserstrahl bestrahlt wird. Das heisst, dass es unbestimmte Bewegungen erleidet. Wenn man nun mit Hülfe eines in der Hand gehaltenen Bleibleches einen Teil der Radiometerflügel beschirmt, so kann man bei etwas Übung dem Radiometer eine gleichförmige Drehbewegung verleihen. Da nun die Röntgenstrahlen die Blättchen sehr leicht durchdringen, so schien es uns ziemlich wahrscheinlich, dass die Bewegung zum Teil von sekundären Strahlen herrührte, die im Innern des Radiometers selbst entstehen. Die zweite Bestätigung ist noch frappanter. Auf ein Kartonblatt von 30—40 cm Seitenlänge giesse man eine Schicht Kolophonium. (Während des Giessens bestreiche man die Oberfläche mit der Flamme eines Bunsenbrenners, um Luftblasen zu vermeiden.) Dann elektrisiere man diese Kolophoniumoberfläche energisch, indem man sie nach allen Richtungen gegen den Konduktor einer Ramsdenmaschine reibt.

Wenn man nun um diese Oberfläche herum drei Centren von Ätherausschleuderungen an-

1) Ausführlich in Archives de Genève (4) **IX** und Bull. de l'Acad. royale de Belgique 1899, 589. (Ich verzichte im Titel absichtlich auf eine Verdeutschung des Wortes „Projections". Der Sinn wird sich aus den folgenden Darlegungen ergeben. Der Übersetzer.)

2) Wir ignorieren noch vollkommen, was der Äther ist. ob es sich hier um den Äther handelt, der der Träger der Lichterscheinungen ist, oder um eine davon verschiedene Substanz, deren Eigenschaften der Materie näher kommen, dies zu entscheiden, ist gegenwärtig noch nicht möglich.

bringt, so werden sich dieselben so verhalten, wie z. B. drei Wasserstrahlen, die, wenn sie auf eine Fläche auftreffen, sich in dünnen Schichten ausbreiten, welch letztere bei ihrer Begegnung drei Gerade bilden. Auf gleiche Weise werden sich auch die Ätherprojektionen ausbreiten, und die auf der Kolophoniumfläche befindliche Elektrizität nach drei, sich in einem Punkte schneidenden Geraden kondensieren.[1]) Um diese Verteilung der Elektrizität sichtbar zu machen, genügt es, die Oberfläche mit sehr feinem Schwefelpulver zu bestreuen (in der Art, wie man die Lichtenbergschen Figuren erzeugt). Als Ausschleuderungscentrum kann dienen eine Bunsenflamme, oder eine mit einem Pole (am besten dem negativen) eines starken Induktors verbundene Spitze, auch ein glühender Körper u. s. w. Bedient man sich der X-Strahlen, so geschehen die Ausschleuderungen mit solcher Heftigkeit, dass sie die Harzschicht durchdringen. Um den Versuch auszuführen, beschirmt man einen Teil der Oberfläche durch ein Bleiblech von ungefähr 5 cm Seitenlänge. An den Rändern dieses Bleches werden sekundäre Strahlen erzeugt, d. h. Ausschleuderungen von geringer Durchdringungsfähigkeit, die sich auf der Oberfläche ausbreiten, und eine Gerade erzeugen. Alle diese Versuche lassen sich in weniger als einer Minute ausführen.

Stellt man die Flammen in Vierecken auf, so wird man Vierecke erhalten; stellt man sie in einem Fünfeck auf, so erhält man ein Fünfeck; und gruppiert man 6 Flammen zu einem Sechseck, so erhält man auf der Harzoberfläche Dreiecke. Diese Versuche zeigen, dass die Ausschleuderungen (projections) des reinen oder des mit Ionen gemischten Äthers ein ganz allgemeines Phänomen darstellen, dessen Intensität allein veränderlich ist, und für die X-Strahlen ein Maximum erreicht.

Dieser Standpunkt ist von mir schon 1898 vertreten worden.[2])

Mit Hülfe dieses elektrisierten Harzkuchens lassen sich die Projektionen auch da studieren, wo die Photographie machtlos oder schwer zu verwenden ist. Man kann z. B. den Ausgangspunkt eines zwischen 2 Leitern überspringenden Funkens bestimmen. Man stellt den elektrisierten Harzkuchen so auf, dass er sich über den Erregerkugeln befindet. Ein zur Harzfläche senkrechter dicker Metalldraht wird so angeordnet, dass die Projektion der Kugeln und des Drahtes ungefähr ein Dreieck von 10 cm Seitenlänge bildet. Wenn man nun während einer, von der Natur der Elektrizitätsquelle abhängigen Zeit den Funken übergehen lässt, und dann das Harz mit Schwefel bestreut, so bemerkt man, dass der Draht Schattenwirkung ausübte, und zwar so, dass der Schatten von der Kathode ausging. Diese Ausschleuderungen haben eine geringe Durchdringungskraft, indem die Luft selbst absorbierend wirkt.

1) Diese Eigenschaft des Äthers enthüllte zuerst die Photographie im Jahre 1897. Siehe Bull. de l'Acad. roy. de Belgique 3. série, **XXXIV**, 252.

2) Bull. de l'Acad. roy. de Belgique 3. série, **XXXIV**, 794.

Wenn man in die Nähe eines elektrisierten Harzkuchens irgend einen Gegenstand, z. B. ein Stück Metallblech bringt, so verhalten sich die nächstliegenden Kraftlinien wie Fühlfäden, die mit beiden Enden darin festhaften, und eine grosse Stabilität erlangen. So bemerkt man z. B. dass die nächstliegende Elektrizität der Verschiebung widersteht, welche die oben besprochenen dünnen Ätherblättchen erzeugen würden.

Ein zwischen dem Elektroskope und der Flamme befindliches Drahtnetz verhindert z. B. die Entladung des Elektroskops.[1]) Ist jedoch das Drahtnetz in gleichem Sinne wie das Elektroskop elektrisiert, so tritt diese Erscheinung nicht ein, da die Kraftlinien einander nicht mehr schneiden. Die nämliche Wirkung lässt sich mit X-Strahlen erzeugen, wo es jedoch nötig ist, das Elektroskop in eine metallische Hülle einzuschliessen, um einer Bildung von sekundären Strahlen vorzubeugen. Am besten bedient man sich eines Elektroskopes mit 2 Hollundermarkkugeln, um mit sehr hohen Potentialen arbeiten zu können.[2])

Die Korona der Sonne und der Schweif der Kometen scheint aus von der Sonne herrührender Ausschleuderungen oben besprochener Art zu bestehen. Die elektrischen Entladungen, die man in den höheren Schichten der Atmosphäre beobachtet, und die dem Nordlicht entsprechen, werden begünstigt, wenn diese Ausschleuderungen ein Intensitätsmaximum erreichen, d. h. in Zeiten, in denen die Aktivität der Sonne ein Maximum hat.

1) Siehe Bull. de l'Acad. roy. de Belgique 3. série, **XXXV**, 29—30 und 188—191, desgl. Villard, Bull. des séances de la Soc. franç. de physique vom 6. April 1900, wo dasselbe Phänomen beschrieben und als Argument gegen die Annahme von Strahlungen benutzt wird.

2) Über den Einfluss von Metallhüllen auf die Entladegeschwindigkeit durch X-Strahlen siehe Bull. de l'Acad. belge 3. série, **XXXV**, 368—375.

(Aus dem Französischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 21. April 1900.)

Über die physikalischen Eigenschaften von Kobalt und Nickel.

Von Edm. van Aubel.

Es ist interessant zu untersuchen, ob Kobalt und Nickel, deren Atomgewichte nahezu iden-

tisch sind, auch dieselben physikalischen Eigenschaften haben.

Diese Metalle sind sehr schwer im Zustande absoluter Reinheit zu erhalten, aber die Entdeckung des Nickelcarbonyls[1]) hat ein sicheres Mittel in die Hand gegeben, sie zu trennen und auch das Nickel von anderen metallischen Verunreinigungen zu befreien. Ganz kürzlich hat Professor W. A. Tilden[2]) in einer bedeutsamen Abhandlung, die uns sogleich beschäftigen wird, mit grösster Sorgfalt reines Kobalt hergestellt, indem er die schwache Löslichkeit des „Purpureokobaltamin Hydrochlorids" in sehr saurer Lösung benutzte; ferner reines Nickel aus einem Niederschlag mittelst Tetracarbonylmischung, mit darauffolgender Auflösung des Metalls und schliesslicher Elektrolyse.

Die so erhaltenen Metalle wurden in der Sauerstoffwasserstoffflamme geschmolzen und z. B. in Barren geformt. Die grossen Schwierigkeiten der Darstellung des Nickel und des Kobalt berechtigen zum Zweifel an der Genauigkeit der für die Körper erhaltenen Werte physikalischer Konstanten; zwei physikalische Eigenschaften indessen sind an Proben von unerreichter Reinheit bestimmt worden: das ist die thermische Ausdehnung und die spezifische Wärme.

Da die Koeffizienten der thermischen Ausdehnung schon früher durch Fizeau[3]) bestimmt worden sind, so hielt es Herr A. E. Tutton[4]) für zweckmässig, diese Messungen an den kostbaren Proben zu wiederholen, welche ihm von Professor W. A. Tilden überlassen worden waren. Die sehr exakte Methode des Herrn Tutton ergab ihm für den mittleren linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen O^0 und t^0:

an dem reinen Nickel 10^{-8} $(1248 + 0{,}74\, t)$

an dem reinen Kobalt 10^{-8} $(1208 + 0{,}64\, t)$

Herr W. A. Tilden[5]) hat die spezifischen Wärmen derselben Metalle gemessen. Er fand für die von ihm untersuchten besonders reinen Stücke:

Temperatur	mittlere spezifische Wärme Nickel	Kobalt
zwischen 100° und 15°	0,10842	0,10303
„ 15° und — 78,4°	0,0975	0,0939
„ 15° und —182,4°	0,0838	0,0822

Der Unterschied zwischen den spezifischen Wärmen der beiden Metalle wächst also in dem Masse, als die Temperatur steigt.

Es scheint mir von Interesse, an dieser Stelle, die von Pionchon[6]) erhaltenen Werte für die hohen Temperaturen anzuführen. Das von ihm untersuchte Nickel und Kobalt wurden als Staub erhalten, indem man den Rückstand der Verkalkung reiner Oxalate mit Wasserstoff reduzierte. Dieses Pulver wurde alsdann stark zusammengepresst und so zu einem sehr guten Leiter der Wärme gemacht. Anderseits hat W. A. Tilden[1]) den Einfluss von Verunreinigungen auf die spezifische Wärme verschiedener Metalle untersucht und gezeigt, dass kleine Beimengungen von Kohle oder anderen nicht metallischen Elementen die spezifische Wärme beträchtlich vergrössern, während die Anwesenheit einer kleinen Menge eines fremden Metalles wenig Einfluss zu haben schien.

Temperatur	spezifische Wärme nach Pionchon Nickel	Kobalt
bei 0°	0,10836	0,10584
bei 57° [2])	0,11090	0,10865
bei 100°	0,11282	0,11107
bei 500°	0,13275	0,14516
bei 800°	0,153	0,18456
bei 1000°	0,1665	0,204

Also, nach den Ergebnissen von Pionchon, ist die spezifische Wärme des Nickel zuerst etwas grösser wie diejenige des Kobalt, und wird nachher bei den sehr hohen Temperaturen viel kleiner.

Eine andere physikalische Eigenschaft, der elektrische Leitungswiderstand, scheint für Nickel und Kobalt sehr verschieden zu sein. A. Matthiessen und C. Vogt[3]) haben den elektrischen Widerstand an Drähten der beiden Metalle bestimmt, welche ihnen von Wöhler überlassen wurden und von Deville als rein hergestellt worden waren. Die beiden Physiker schlossen aus ihren Messungen, dass das Nickel und Kobalt nicht rein waren[4]) und sie schrieben[5]) den reinen Metallen folgende elektrischen Leitfähigkeiten bei 0° zu:

Silber	100,00
Kobalt	17,22
Nickel	13,11

Es scheint mir, dass die vorliegende Betrachtung deutlich das Interesse zu Tage treten lässt, welches eine Untersuchung des elektrischen Widerstandes des völlig reinen Nickel und Kobalt hat, denn diese physikalische Eigenschaft ändert sich oft stark durch die Gegenwart der geringsten Spuren von Verunreinigung.[6])

1) Ludwig Mond, Darstellung des Nickel: Revue gen. de Chim. pure et appliquée, Paris, **2**, 121, 1900.
2) Proc. Roy. Soc. London, **66**, 244, 1900.
3) C. R. **68**, 1125, 1869.
4) Proc. Roy. Soc. London, **65**, 306, 1899.
5) l. c.
6) Ann. de Chim. et de Phys. (6), **11**, 83, 1887.

1) l. c., 245.
2) Spezifische Wärme bei 57° oder mittlere spezifische Wärme zwischen 14° und 100°. Die Zahlen weichen von den durch W. A. Tilden gefundenen, weiter oben angeführten, ab.
3) Pogg. Ann. **118**, 442—444, 1863.
4) Das ist sehr wahrscheinlich in Anbetracht dessen, was wir heute von den Schwierigkeiten der Darstellung dieser Metalle wissen.
5) l. c., 444.
6) Eine Untersuchung über den elektrischen Leitungswiderstand reiner Metalle und insbesondere des Nickel wird alsbald veröffentlicht werden.

Wenn man schliesslich die beiden Metalle in dem reinsten Zustande vergleicht, in dem sie von den besten chemischen Fabriken geliefert werden, so wird man finden, dass Nickel unvergleichlich leichter zu bearbeiten (feilen, drehen u. s. w.) ist als Kobalt, und dass es von dem letzteren geritzt wird.

Ich hoffe diese kritische Studie durch eine experimentelle Untersuchung über die Eigenschaften des Nickel und Kobalt vervollständigen zu können.

Bemerkung:

Es ist zu beachten, dass Natrium und Magnesium, Aluminium und Silicium, Schwefel und Phosphor, welche paarweise kleine Unterschiede ihrer Atomgewichte aufweisen, sehr grosse Unterschiede in den physikalischen Konstanten zeigen, besonders in den Wärmeausdehnungskoeffizienten und Schmelzpunkten. Natrium und Magnesium haben auch sehr verschiedene spezifische Gewichte.

Element	Atomgewichte	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	Schmelzpunkt	Spezifisches Gewicht
Natrium .	22,09	0,000072 von 0° bis 50°	5,6°	0,978
Magnesium	24,24	0,00002694 bei 40°	750°	1,74
Aluminium	26,93	0,00002313 bei 40°	660° [1]	
Silicium .	28,3	0,00000763 bei 40°	850° [2]	
Schwefel .	31,98	0,00004567 von 0° bis 13° 0,00007433 „ 13° „ 50°	115°	
Phosphor .	30,96	0,0001105 von 8° bis 16° 0,0001278 „ 16° „ 42°	44,2°	

Diese Werte sind den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein, 2. Aufl., S. 1, 96, 117 und 121 entnommen.

1) Philos. Magaz. (5), **42**, 37, 1896.
2) Zwischen dem des geschmolzenen Eisens und des Stahles.

(Aus dem Französischen übersetzt von Hermann Th. Simon.)

(Eingegangen 5. Juli 1900.)

Über einige Versuche mit Becquerel- und mit Röntgenstrahlen.

Von F. Himstedt.

Herr Dr. Giesel hatte die Freundlichkeit, mir eins seiner wirksamen Radiumpräparate zu leihen. Ich habe bei Gelegenheit zweier Vorträge einem grösserem Auditorium mit Hülfe dieses Präparates sehr bequem zeigen können: 1. das Leuchten der Substanz, 2. die Erregung des Barium-Platincyanür-Schirmes (auch dann, wenn das Radium in eine Schachtel aus 0,5 mm dickem Eisenblech eingeschlossen war,[1]) 3. die Erregung der Phosphorescenz von Sidotblende sowohl wie von anderen Substanzen, 4. die Einwirkung auf das Elektroskop durch die Wände der Eisenschachtel hindurch auf eine Entfernung von über 5 m, 5. den Einfluss auf die Funkenstrecke einer Elektrisiermaschine. Für diesen Versuch wurde bei einer Vossschen Influenzmaschine die Funkenstrecke auf ca. 6 cm gestellt und der treibende Motor so reguliert, dass gerade noch Funken übergingen. Brachte man das Radium nun dicht unter die Kugeln der Funkenstrecke, so hörten die Funken auf. Die Wirkung liess sich viel leichter demonstrieren, als die Kugel der Kathode, wie dies Elster und Geitel[2]) angegeben haben, durch eine grössere Scheibe ersetzt wurde. Bei einem Scheibendurchmesser von 30 cm konnte man die Maschine so schnell laufen lassen wie überhaupt möglich, wobei in der Sekunde 2—3 Funken von 8 cm Länge übersprangen. Sobald das Präparat in die Nähe der Funkenstrecke gebracht wurde, hörten die Funken sofort auf.

Im Gegensatz zu den Herren Elster und Geitel glaube ich bei der Gelegenheit feststellen zu sollen, dass Röntgenstrahlen dieselbe Wirkung hervorbringen können. Mit einer Fokusröhre, die durch 50 cm-Induktorium mit Wehnelt-Unterbrecher gespeist wurde, habe ich die Wirkung noch bei 4 m Entfernung der Funkenstrecke von der Röhre absolut sicher demonstrieren können. Die Röhre war dabei in einen lichtdicht schliessenden Kasten eingeschlossen. Da mir bei diesen Versuchen, welche ich schon im vorigen Sommer in der Vorlesung gezeigt habe, aufgefallen war, dass, wenn die Elektrisiermaschine dicht bei der Röhre stand, so dass die ganze Maschine von kräftigen X-Strahlen getroffen wurde, dann stets nach Abstellung des Induktoriums eine gewisse Zeit verging (2—10 Sekunden), ehe die Elektrisiermaschine wieder Funken gab, so schien es mir von vornherein sehr unwahrscheinlich, dass, wie die Herren Elster und Geitel vermutet haben, der Mangel an Kontinuität in der Strahlung der mit einem Induktorium getriebenen Röhre Schuld daran sein sollte, dass die genannten Autoren keine Wirkung der Röntgen-Strahlen auf die Funkenstrecke beobachten konnten. Ich habe das Induktorium mit einem Foucaultunterbrecher von zwei Unterbrechungen in der Sekunde benutzt, und damit die Wirkung auf die Funkenstrecke stets sicher erhalten.

1) Im Dunkelzimmer, mit gut ausgeruhtem Auge, konnte man die Fluorescenzerregung des Schirmes durch eine 1 cm dicke Bleischicht noch sehr gut sehen.
2) Wied. Ann. **69**, 673, 1899.

Vielleicht war die von den Herren Elster und Geitel benutzte Röhre nur zu schwach.

Des Weiteren habe ich mit dem Gieselschen Radium die magnetische Ablenkung der Becquerelstrahlen zeigen können,[1]) so dass die Erscheinung auf 3 m Entfernung noch gut gesehen werden konnte. Das Präparat lag in einem ganz flachen Bleikästchen von 5 mm Wandstärke, dessen Deckel in der Mitte eine dickwandige Bleiröhre von 1 cm Durchmesser und ca. 5 cm Länge trug. Auf diese, die zwischen den Polen des Elektromagneten hindurchging, wurde der Röntgenschirm gelegt, auf dem dann ein scharf begrenzter kreisrunder Fleck entstand. Beim Schliessen des Stromes im Elektromagneten konnte dieser Fleck vollkommen zum Verschwinden gebracht werden. Beim langsamen Schwächen des Stromes sah man den Fleck von der Seite her wieder in seine alte Lage kommen.

Man hat, soviel mir bekannt, den Energieaufwand für die beständige Strahlung des Radiums herzuleiten gesucht aus einem langsam verlaufenden chemischen Prozesse. Es schien mir deshalb von besonderem Interesse, den Einfluss tiefer Temperaturen auf die Radioaktivität des Präparates zu untersuchen. Die Herren Hagenbach und Kahlbaum in Basel hatten die Freundlichkeit, die hierzu nötige flüssige Luft herstellen zu lassen und selbst an den Beobachtungen Teil zu nehmen. Es konnte keine Abnahme, weder in der Leuchtkraft, noch in der Erregung des Fluorescenzschirmes beobachtet werden. Belichtete Balmainsche Leuchtfarbe, mit der ein Kontrolversuch ausgeführt wurde, erschien bei der Temperatur der flüssigen Luft vollkommen dunkel.

Um den Einfluss der Abkühlung auf die Fähigkeit des Radiums, das Elektroskop zu entladen, zu untersuchen, wurde die folgende Anordnung benutzt. Der Knopf eines Exnerschen Elektroskopes war durch einen Draht verbunden mit einer isolierten horizontal aufgestellten Metallplatte von 6 cm Durchmesser. Unter dieser wurde ein in Watte verpacktes Becherglas aufgestellt, in welches das in eine Glasröhre eingeschlossene Radium gebracht werden konnte. Es wurde beobachtet die Zeit, während welcher das Elektroskop von 2000 auf 1000 Volt entladen wurde. Bei Zimmertemperatur gaben hierfür 3 Versuche übereinstimmend 31 Sekunden. Nachdem jetzt das Becherglas mit flüssiger Luft gefüllt und genügend lange gewartet war, ergaben sich 33, 35, 34, 35 Sekunden. Hinterher ergaben die Versuche in Zimmertemperatur wieder 31 Sekunden.

Aus dieser Differenz von ca. 3 Sekunden, deren thatsächliches Vorhandensein durch eine neue Versuchsreihe festgestellt wurde, darf man jedoch noch nicht den Schluss ziehen, dass die Abkühlung auf eine tiefe Temperatur die Radioaktivität entsprechend vermindert hätte. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass bei der gewählten Versuchsanordnung die Strahlen vom Radium zum Elektroskope das eine Mal durch gasförmige, das zweite Mal durch flüssige Luft gehen, und dass letztere, entsprechend ihrer bedeutend grösseren Dichte, auch stärkere Absorption hervorrufen kann. Um hiervon unabhängig zu sein, wurde das Becherglas ein Mal gefüllt mit Alkohol von Zimmertemperatur, das zweite Mal mit Alkohol, der bis an seinen Erstarrungspunkt abgekühlt war. Es ergab sich in beiden Fällen die gleiche Entladungsdauer von 36 Sekunden. Dieselben Versuche sind wiederholt, immer mit dem gleichen Erfolge angestellt, indem die Abkühlung durch feste CO_2 in Äther bewirkt wurde.[1])

Es ist bekannt,[2]) dass, wenn man das Präparat, in lichtdichtes Papier eingeschlossen, auf das im Dunkelzimmer gut ausgeruhte geschlossene Auge legt, man eine Lichtempfindung wahrnimmt, bei der man das Gefühl hat, als sei das ganze Auge mit Licht erfüllt. Überraschend ist dabei, wie schnell das Auge für diese Lichtempfindung ermüdet. Ich habe mir zwei ganz gleiche Päckchen aus lichtdichtem Papier hergestellt, das eine mit dem Radium, das andere mit einer entsprechenden Menge Sand gefüllt. Legt man einem Menschen mehrmals hintereinander auf die beiden Augen die beiden Päckchen, sie ohne sein Wissen wiederholt vertauschend, so sind manche Menschen nach 10—15 maliger Wiederholung des Versuches wohl noch im Stande anzugeben, auf welchem Auge das wirksame Päckchen mit dem Radium liegt. Nach etwa 30 maliger Wiederholung des Versuches vermag nach meiner Erfahrung kein Mensch mehr anzugeben, auf welches Auge das Radium, auf welches der Sand gelegt ist. Man wird zur Erklärung der Lichtempfindung ja wohl annehmen müssen, dass die Netzhaut oder auch die Linse bezw. der Glaskörper des Auges zur Fluorescenz erregt wird,[3]) vielleicht ist die erwähnte schnelle Ermüdung daraus zu erklären, dass die Fluorescenz nicht momentan verschwindet, und deshalb die Kontraste geringer werden.

Da die Becquerelstrahlen durch undurchsichtige Substanzen hindurchgehen, so war es von vornherein sehr wahrscheinlich, dass Blinde,

1) F. Giesel, Wied. Ann., **69**, 834, 1899.

1) Kurze Zeit, nachdem die Versuche am 27. März abgeschlossen waren, erfuhren wir, dass Herr und Frau Curie schon vor uns ähnliche Versuche mit dem gleichen Erfolge ausgeführt hatten.

2) Von Dr. Giesel auf der Naturforscher-Versammlung in München September 1899 demonstriert.

3) Über diesbezügliche Versuche mit Becquerel- und mit Röntgenstrahlen, die ich inzwischen mit Herrn Dr. Nagel angestellt habe, soll in Kürze berichtet werden.

deren Sehvermögen dadurch verloren gegangen ist, dass die Hornhaut oder die Linse des Auges getrübt ist, trotzdem unter der Einwirkung der Becquerelstrahlen eine Lichtempfindung haben würden. Versuche an einer grösseren Anzahl von Personen haben dies durchaus bestätigt.

Zum Schlusse möchte ich noch erwähnen, dass es mir nicht gelungen ist, irgend eine Wirkung des Radiums auf den Kohärer nachzuweisen, dagegen habe ich ohne Schwierigkeiten zeigen können, dass der Widerstand einer Selenzelle durch die Einwirkung der Becquerelstrahlen herabgesetzt wird. Bei diesen Versuchen war das Radium in eine mehrfache Hülle lichtdichten photographischen Papiers eingeschlossen, bei einigen Versuchen befand es sich auch in einer Eisenschachtel von 0,5 mm Wandstärke, so dass die Wirkung sichtbarer Strahlen mit voller Sicherheit ausgeschlossen war. Es wurde hierauf mit grosser Sorgfalt geachtet, weil durch Vorversuche festgestellt war, dass alle phosphorescierenden Substanzen den Widerstand der Selenzelle bei direkter Bestrahlung herabzusetzen vermögen, durch lichtdichtes Papier hindurch jedoch keinerlei Wirkung ausüben. Die Widerstandsverminderung der Selenzelle durch das Radium betrug, wenn letzteres durch eine doppelte Hülle lichtdichten Papiers und eine ca. 1 cm dicke Luftschicht hindurch wirkte, ca. 1 Proz. und liess sich mit der Wheatestoneschen Brücke sehr sicher messen.

Ich habe bei dieser Gelegenheit dann weiter konstatiert, dass Röntgenstrahlen sehr energisch auf die Selenzelle wirken. Ich konnte den Widerstand der Zelle durch Röntgenstrahlen um mehr als 50 Proz. vermindern. Ich hoffe, dass sich hieraus eine Methode ergeben wird, welche in bequemer Weise die Intensität der Röntgenstrahlen zu messen, resp. die Strahlung verschiedener Röhren unter verschiedenen Umständen zu vergleichen gestattet. Ebenso wie die Röntgenstrahlen vermögen nach meinen Versuchen aber auch die ultravioletten Strahlen den Widerstand der Selenzelle zu verkleinern, dagegen nicht die ultraroten Strahlen. Es liegt bei der übereinstimmenden Wirkung der ultravioletten, der Röntgen- und der Becquerelstrahlen die Vermutung nahe, dass die Widerstandsverminderung des Selens eine indirekte sei, indem direkt durch die Wirkung jener Strahlen eine Fluorescenz oder Phosphorescenz des Selens hervorgerufen werde, und dieses dann erst sozusagen unter der Wirkung seiner eigenen Strahlen seinen Widerstand ändere. Ich habe jedoch auch bei den sorgfältigsten Beobachtungen im Dunkelzimmer keine Fluorescenz oder Phosphorescenz des Selens beobachten können.

Freiburg i. Br., 15. April 1900.

(Eingegangen 19. Juli 1900.)

Bemerkung zum Leitvermögen von Ammoniaklösungen.

Von R. Abegg.

Von Herrn F. Goldschmidt ist (d. Ztschr. **1**, 287) versehentlich behauptet worden, dass die Leitfähigkeit wässeriger Ammoniaklösungen bis dahin nur in verdünnten Lösungen bestimmt worden sei. Wie uns Herr F. Kohlrausch gütigst aufmerksam macht, ist dies jedoch nicht zutreffend, da solche Bestimmungen von seiner Hand bereits aus den Jahren 1877 und 1879 vorlagen (Gött. Nachr. **1877**, 198; Wied. Ann. **6**, 22, 1879), die sich zudem in Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte (Lpzg. 1898) wiedergegeben finden. Die beiderseitigen Versuchsreihen stimmen gut überein.

Bei dieser Gelegenheit sei auch erwähnt, dass das von mir (d. Ztschr. **1**, 195) vorgeschlagene Anlöten von Kupferdrähten an Platinelektroden praktischer durch das von Herrn Kohlrausch (s. Kohlrausch und Holborn, S. 11 und 18) bereits vorher empfohlene Aneinanderschweissen ersetzt werden kann.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

Eine Geisslersche Röhre mit Quecksilberelektroden zum Studium des Zeeman-Effektes.

Von F. Paschen.

Zur Beobachtung des Zeeman-Effektes ist es gut, Lichtquellen anzuwenden, deren Emissionslinien möglichst wenig unscharf sind. Hr. A. A. Michelson[1]) fand bei Benutzung der Geisslerschen Röhren so die eigenartigen Linienkonfigurationen, welche z. B. bei der grünen und der blauen Quecksilberlinie 5461 und 4359 Ångströmsche Einheiten im magnetischen Felde auftreten. Michelson verwendete zur Untersuchung teils das Interferometer, teils das Echelon-Spektroskop. Es sind Zweifel darüber geäussert, ob man mit den besten Gittern diese feinen Einzelheiten noch beobachten könnte, weil in den höheren Ordnungen, die eine hinreichende auflösende Kraft besitzen, die Intensität zu gering wäre.

Bei einer Untersuchung des Zeemanschen Effektes, welche Herr Prof. C. Runge und ich unternommen haben,[2]) habe ich eine Geisslersche Röhre für das Quecksilberspektrum verfertigt, welche auch für die höheren Ordnungen

1) A. A. Michelson, Astrophys. Journ. **VII**, 131, 1898.
2) Man vergl. die folgende Notiz, S. 480.

der grössten Rowlandschen Konkavgitter die erforderliche Intensität liefert. Wir haben damit die Beobachtungen von Michelson wiederholt und auf das ganze ultraviolette Spektrum ausgedehnt.

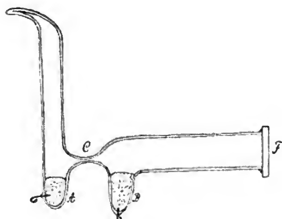


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Anordnung der Röhre. In den Kölbchen *A* und *B* befindet sich Quecksilber. Die Kapillare *C* ist von 0,2 bis 0,5 mm innerem Durchmesser und, der Ausdehnung unseres homogenen magnetischen Feldes angemessen, von 1 bis 2 mm Länge. Die Strahlung der „end—on" benutzten Kapillaren gelangt durch das Fenster *F* zur Beobachtung, welches für sichtbare Strahlen aus Glas sein kann, für die ultravioletten aus Flussspat besteht (nicht aus Quarz, falls man die Polarisationszustände der Komponenten der magnetisierten Linie untersuchen will). Die Röhre ist evakuiert und unmittelbar nach kurzem Aufkochen des Quecksilbers in beiden Kölbchen abgeschmolzen. Eine Füllung mit Wasserstoff von $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ mm Druck, vor dem Abschmelzen, welche anfangs angewendet wurde, verbesserte die Röhre nicht. Fig. 2 zeigt die Justierung der Röhre im Grundriss zwischen den Polschuhen unseres Elektromagneten, deren Entfernung bei der Anordnung der Röhre bis auf 3 mm herabgemindert werden kann.

Wir betreiben die Röhre mit einem Induktorium, dessen sekundäre Wickelung etwas dickeren Draht enthält, als in den käuflichen Apparaten, und dessen Platinunterbrecher sehr schnelle Vibrationen ausführt. Durch Geisslersche Röhren schickt dieses Induktorium meist nur Stromstösse in einer Richtung hindurch, ergiebt aber erhebliche Stromstärken im sekundären Kreise, sodass die Geisslerröhren bei diesem Induktorium meist heller leuchten, als bei anderen, welche zwar grosse Schlagweiten ergeben, aber geringere Elektrizitätsmengen entladen.

Zunächst fluoresciert die Abteilung der Röhre, deren Quecksilber Kathode ist. Wenn man aber dieses Quecksilber erwärmt, so geht mit steigendem Drucke des Quecksilberdampfes die Fluorescenz zurück und die Kapillare wird heller. Ihre Helligkeit würde indessen noch nicht genügen, um mit einem grossen Rowlandschen Gitter das Spektrum einigermassen hell zu erzeugen. Sobald aber die Kapillare in ein starkes Magnetfeld gebracht wird, ändert sich die Art der Entladung und ihre Helligkeit sehr stark. Ist zunächst der Druck des Quecksilberdampfes noch gering, so erlischt das Licht der Röhre unter Umständen ganz. Bei genügendem Drucke aber bewirkt das Magnetfeld eine bedeutende Verstärkung des Stromes und der Lichtintensität der Entladung und eine Ände-

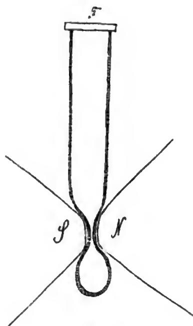


Fig. 2.

rung der Form der leuchtenden Glasstrecke. Ist die Richtung des Magnetfeldes derartig, dass der das Gas durchsetzende Strom eine nach unten gerichtete Kraft erfährt, so schmiegt sich die Lichterscheinung überall der unteren Glasfläche an, dabei in der Kapillaren eine feine Lichtlinie bildend, welche auf dem kürzesten Wege zu beiden Elektroden umbiegt. Auf der Seite der Kathode setzt sich bei geringerem Dampfdrucke die Lichtlinie als solche zum Quecksilber fort, wobei ihr Eintrittspunkt ins Quecksilber meist am Rande hin- und herwandert und hell leuchtet. Bei grösserem Dampfdrucke verschwindet die Lichtlinie über dem kathodischen Quecksilber, und es füllt sich dieser Raum statt dessen ganz mit Licht, welches an der Quecksilber-Oberfläche besonders stark weissglänzend ist. Auf der Seite der Anode setzt sich die Lichtlinie der Kapillaren stets bis zum Quecksilber fort, immer denselben

kürzesten Weg an der Glasoberfläche entlang einschlagend. Dieser Zustand der Röhre erhält sich ohne weiteres Erwärmen oder sonstige Bedienung, wenn die Menge des Quecksilbers im Kathodenröhrchen nicht zu gross ist. Anderenfalls nimmt der Gasdruck allmählich ab, bis die beschriebene Form der Entladung plötzlich verschwindet und die Röhre schlecht oder gar nicht mehr leuchtet. Bei dem Gasdrucke, welcher diesem Aussetzen der intensiven Entladung entspricht, würde es noch nicht möglich sein, diese Entladungsform erstmalig einzuleiten.

Das Licht der Kapillaren zeigt selbst bei nicht ganz reiner Röhre im wesentlichen das von den Herren H. Kayser und C. Runge[1]) studierte Spektrum des Quecksilbers, dessen stärkste Linien bekanntlich zu Serien gehören. An den Elektroden befinden sich ausser diesem Spektrum andere, und zwar an der Kathode Linien des Quecksilbers, welche nicht zu dem Spektrum in den Kapillaren gehören. In dem Lichtstreif der Anode sind die Linien des übrigen Gasinhaltes der Röhre zu sehen, z. B. die des Serienspektrum des Wasserstoffes, die des sogenannten zweiten Wasserstoffspektrums und meist auch Natriumlinien, da die Glaswand hier bald heiss wird. Die Farbe des Lichtstreifs ist demgemäss in der Kapillaren blauweiss, an der Anode rötlich oder gelblich.

Bringt man die Röhre in ein magnetisches Feld entgegengesetzter Richtung, so ist die Lichterscheinung meist viel schwächer und erlosch bei einigen Röhren anderer Form ganz. Die Lichtlinie befindet sich dann im oberen Theile der Kapillaren und biegt in den Schenkeln senkrecht nach oben. Mit einem anderen Induktorium ging der Schliessungs- und Öffnungsstrom durch die Röhre, und es entstanden zwei Lichtlinien im Magnetfelde, die in den Schenkeln nach entgegengesetzten Richtungen umgebogen waren.

Ist schon die Lichtlinie ein merkwürdiger Anblick, so überrascht noch viel mehr die ausserordentliche Steigerung der Helligkeit beim Einschalten des Feldes. Die Helligkeit dieser Geisslerschen Röhre scheint mir grösser als diejenige, welche man bei Heliumröhren erzielen kann, die bei geeigneter Anordnung wohl die hellsten unter den Geisslerschen Röhren sind. Da die Entladung nur Quecksilber und Glas berührt, so bleibt das Quecksilber ganz rein. Beschlägt sich das Fenster mit Quecksilbertröpfchen, so spült man es mit dem übrigen Quecksilber wieder ab. Trotz grosser Vorsicht beim Erwärmen ist die Lebensdauer meiner bisherigen Lampen sehr gering. Meist springen sie an der Seite der Anode, wo sich der beschriebene Lichtstreif am Glase hinzieht, nach 5- bis 10-stündigem Gebrauche.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

1) H. Kayser und C. Runge, Abhandlungen d. Berl. Akad. d. Wissensch. 1891 (Sitzung vom 19. 2. 1891).

Studium des Zeeman-Effektes im Quecksilberspektrum.

Von C. Runge und F. Paschen.

Mit der in der vorstehenden Note beschriebenen Quecksilberröhre kann man sehr schön die Linienkonfigurationen sehen, welche Michelson beschrieben hat. Die grüne Linie 5461 Å.-E., welche am deutlichsten sichtbar ist, zeigt in zweiter Ordnung bei einem Felde von etwa 20000 C.-G.-S.-Einheiten den Bau ungefähr so, wie ihn Michelson mit dem Interferometer gefunden hat.[1]) Drei Komponenten liegen in der Mitte, deren elektrische Schwingungen den Kraftlinien parallel sind. Dann folgen auf beiden Seiten je vier Komponenten, deren Intensitäten von der Mitte fort abfallen, und deren elektrische Schwingungen senkrecht zur Richtung der Kraftlinien sind. Im ganzen sind es also 11 Linien. Die blaue Linie 4359 Å.-E. lässt sich in dritter Ordnung mit einer Exposition von wenigen Minuten photographieren, wir finden ihren Typus nicht ganz so kompliziert, wie Michelson ihn angiebt. In Richtung der Kraftlinien schwingend sind die beiden mittelsten Komponenten. Zu beiden Seiten liegen je drei senkrecht zu den Kraftlinien schwingende Komponenten von denen die äusserste ganz schwach ist, die beiden andern dagegen kräftig, die innere etwas schwächer als die mittlere ist.

Diese beiden Linien 5461 und 4359 bilden zwei Komponenten eines Triplets, dessen dritte Linie bei 4047 liegt, das erste Glied der einen der beiden von Kayser und Runge[2]) und von Rydberg[3]) im Quecksilberspektrum entdeckten Tripletserien. Uns interessierte nun vor allen Dingen, ob die Zusammengehörigkeit der Triplets einer Serie auch im Zeeman-Effekt zur Erscheinung kommen würde, ähnlich wie dies schon von Preston[4]) in den Spektren von Magnesium, Calcium und Zink beobachtet worden ist. Das fanden wir nun in der That bestätigt. Das nächste Triplet der Serie wird von den Linien 3341.7, 2893.7, 2752.9 gebildet,

1) Astrophys. Journ., **VII**, 136, 1898.
2) Kayser und Runge, Abhdl. d. Berl. Akad. 1891.
3) Rydberg, kongl. svenska vetenskaps-akad. handl. **23**, 11.
4) Preston, Phil. Mag. **47**, 165—179, 1899.

deren Schwingungszahlen dieselben Differenzen haben, wie die der drei erst genannten Linien. Im magnetischen Felde zeigen sie in derselben Reihenfolge dieselben drei Typen wie die drei Linien 5461, 4359, 4047, nur dass bei den ersten beiden die schwächsten Komponenten nicht mehr sichtbar sind. Die Linie 2752.9 zeigt ebenso wie 4047 nur drei Komponenten, von denen die mittlere in Richtung der Kraftlinien, die äusseren beiden senkrecht zu den Kraftlinien schwingen. Bei 3341.7 beobachteten wir wie bei 5461 die mittleren drei Komponenten, die elektrisch in der Richtung der Kraftlinien schwingen und auf beiden Seiten je zwei Komponenten, die senkrecht zu den Kraftlinien schwingen. Bei 2893.7 konnten wir die mittleren beiden in Richtung der Kraftlinien schwingenden Komponenten beobachten und auf beiden Seiten je zwei der senkrecht zu den Kraftlinien schwingenden Komponenten. Das Bild ist genau dasselbe, wie wenn 4359 so kurz exponiert wird, dass die äussersten beiden Komponenten wegen ihrer geringen Intensität die Schwelle der photographischen Wirksamkeit nicht erreichen.

Die Übereinstimmung des Typus zeigt sich noch genauer, wenn man die Abstände der Komponenten misst und die Schwingungsdifferenzen berechnet. Es ergiebt sich nämlich, wie auch Preston bei den genannten Spektren beobachtet hat, dass die Schwingungsdifferenzen für denselben Typus dieselben sind. So zeigen die Komponenten von 3341.7 dieselben Schwingungsdifferenzen wie die von 5461, die Komponenten von 2893.7 dieselben wie die von 4359, und die Komponenten von 2752.9 dieselben wie die von 4047. Dadurch kann die Gleichheit des Typus auch noch da bestätigt werden, wo nur noch die stärksten Komponenten erschienen sind. Nach kleinerer Wellenlänge nehmen diesem Gesetze gemäss die Differenzen in der Wellenlänge der Komponenten dem Quadrate der Wellenlänge proportional ab. Das erschwert es sehr, die Erscheinung nach der Seite der kleineren Wellenlängen hin zu verfolgen, umsomehr da zugleich die Intensität der Linien abnimmt. So haben wir von dem dritten Triplet der Serie 2925.5, 2576.3, 2464.1 nur noch die erste Linie 2925.5 beobachten können. Der Typus ist aber nicht mehr deutlich zu erkennen. Weder die mittleren drei Komponenten sind voneinander getrennt, noch die seitlichen. Aber die Schwingungsdifferenz der seitlichen Komponenten stimmt überein mit der Schwingungsdifferenz der stärksten seitlichen Komponenten von 5461 und 3341. Insofern wird auch hier der Typus bestätigt, da die anderen beiden Typen grössere Schwingungsdifferenzen haben. Auch bei der andern von Kayser und Runge und von Rydberg entdeckten Tripletserie zeigten sich ähnliche Gesetze. Die Typen sind indessen nicht dieselben und die Schwingungsdifferenzen sind erheblich geringer als bei der zuerst besprochenen Serie. Die beiden gelben Linien 5790 und 5769 lösen sich im magnetischen Felde in je drei Komponenten auf. Die Schwingungsdifferenzen sind nur etwa halb so gross wie die der Komponenten von 4047. Den beiden gelben Linien entsprechen genau die beiden violetten 4347.6, 4339.5. Auch sie spalten sich im magnetischen Felde in je drei Komponenten mit denselben Schwingungsdifferenzen wie die der gelben Komponenten. Dass diese beiden Paare von Linien zu Serien gehören, ist bisher noch nicht nachgewiesen.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

Über elektrolytische Leitung in Gasen beim kritischen Punkte.

Von Aug. Hagenbach.

(Vorläufige Mitteilung.)

Da gegenwärtig sehr viel auf dem Gebiet der Elektrizitätsleitung in Gasen gearbeitet wird, schien es mir nicht uninteressant zu untersuchen, ob Gasgemische nicht auch elektrolytische Leitung besitzen können und dazu war meines Erachtens der Übergang eines Elektrolyten vom flüssigen in den gasförmigen Zustand beim kritischen Punkte das richtige Stadium zur Untersuchung. In diesen Zeilen möchte ich nur kurz mitteilen über die vorläufigen Ergebnisse; über die Einzelheiten der Untersuchung, die übrigens noch nicht abgeschlossen ist, wird später an anderer Stelle berichtet werden.

Es kam mir also darauf an festzustellen, wie sich die Leitfähigkeit einer Lösung ändert, wenn man dieselbe in geschlossenem Gefässe über die kritische Temperatur hinaus erhitzt.

Für die Wahl des Lösungsmittels waren verschiedene Gesichtspunkte massgebend. Erstens durfte die kritische Temperatur nicht zu hoch sein, weil, wie sich während der Versuche herausstellte, die Leitfähigkeit des Glases bei den höheren Temperaturen grösser wurde wie die der Lösung, und somit ein Messen unmöglich wurde. Zweitens durfte der kritische Druck gewisse Grenzen nicht übersteigen, da die Festigkeit der Glasgefässe für diese Zwecke eine nur zu niedrige Grenze besitzt.

Zuerst liess ich mich hauptsächlich vom

zweiten Gesichtspunkte leiten und griff zu Lösungen in Äther. Dieselben zeigen besonders bei Zusatz von etwas Wasser geringe Leitfähigkeiten. Als Salze setzte ich Cadmiumchlorid, Calciumchlorid oder Essigsäure zu.

In allen Fällen nahm der Widerstand der Lösung mit dem Erhitzen zu, aber bei circa 180° C. begann die Leitung des Glases erheblich zuzunehmen, so dass beim kritischen Punkte nicht mehr zu unterscheiden war, wie viel noch auf Leitung der Lösung zu schieben war, trotzdem die Platindrähte möglichst weit von einander eingeschmolzen waren. Wässerige Lösungen bis zum kritischen Punkte zu verfolgen, schien mir aus beiden genannten Gesichtspunkten schwierig.

Ich ging darauf zu dem von H. Walden[1]) neu entdeckten ionisierenden Lösungsmittel der schwefligen Säure über. Schweflige Säure hat die Fähigkeit Salze zu lösen und zwar so, dass dieselben ein erhebliches Leitvermögen aufweisen, das in gewissen Fällen sogar grösser ist wie in wässeriger Lösung. Die Wahl des Salzes war für meine Zwecke vorläufig gleichgültig; ich benutzte Jodnatrium und Bromnatrium. Die Löslichkeit dieser und auch anderer Salze nimmt mit steigender Temperatur erheblich zu. Die Lösungen von Jodnatrium nehmen bei höheren Temperaturen eine tiefrote Färbung an, die nach der Abkühlung nicht mehr verschwindet.

Die Widerstandsmessungen geschahen bei den niedrigen Temperaturen, d. h. so lange es möglich war, mit Wechselstrommethode von Kohlrausch; waren die Widerstände gross, so wurde mit einem Galvanometer aus der Änderung der Ausschläge durch eine bekannte E. M. K.

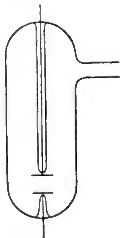


Fig. 1.

die Widerstandsänderung festgestellt. Die Messgefässe waren aus dickwandigen Glasröhren geblasen. An den Enden wurden zwei Platinelektroden eingeschmolzen, wie vorstehende Figur 1 zeigt. Das Gefäss wurde mit der gewünschten Menge Salz beschickt, darauf schweflige Säure eingeleitet und das Gefäss in feste Kohlensäure gestellt, wodurch SO_2 als wasserklare Flüssigkeit kondensiert wurde. Die schweflige Säure wurde durch Erhitzen von Quecksilber und Schwefelsäure dargestellt. War die nötige Menge verflüssigt, so wurde das Gefäss zugeschmolzen und es war zum Gebrauche fertig. Die Konzentrationen wurden durch Wägungen bestimmt.

Beim Erwärmen zeigte sich folgender Verlauf des Widerstandes: Der Widerstand der Lösung nahm mit steigender Temperatur zu, aber nicht gleichmässig, sondern nach dem kritischen Punkt hin beschleunigt. Bei der kritischen Temperatur war aber die Leitfähigkeit nicht Null, sondern hatte in allen Fällen einen noch messbaren Wert. Wurde weiter erhitzt, so nahm der Widerstand weiter zu, aber viel langsamer. So war der Verlauf, wenn die Elektroden anfangs in die Flüssigkeit eintauchten.

Wurde das Gefäss umgedreht, so dass die Elektroden sich nur im Dampf befanden, so war bis wenige Grade unterhalb der kritischen Temperatur der Widerstand unendlich gross, dann aber nahm er ab bis zum kritischen Punkte, um von da an wieder zu steigen. Wenn also die Elektroden im Dampf gehalten werden, so ist die Leitfähigkeit am grössten beim kritischen Punkte. Damit ist die elektrolytische Leitung in Dämpfen, wie in Gasen nachgewiesen.

Die Tabelle giebt ein Beispiel über die Änderung des Widerstandes einer 1,3 Proc. $Na\,Br$-Lösung in der Nähe der krit. Temperatur.

Die Widerstände stellen direkt die gefundenen Widerstände dar. T sind die Temperaturen in Celsius.

Elektroden in der Flüssigkeit		Elektroden im Dampf
T	W	W
138	$2,4 \cdot 10^4$	
141	$2,6 \cdot 10^4$	
143	$2,7 \cdot 10^4$	
145	$3,0 \cdot 10^4$	
147	$3,3 \cdot 10^4$	
149	$4,4 \cdot 10^4$	
150	$4,9 \cdot 10^4$	
151	$1,5 \cdot 10^5$	
152	$3,0 \cdot 10^5$	
153	$6,1 \cdot 10^5$	
154	$7,3 \cdot 10^5$	$4,6 \cdot 10^9$
155	$9,0 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^9$
156		$1,1 \cdot 10^9$
156,5 Krit. Temp.	$1,6 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$
157		$1,7 \cdot 10^7$
158		$1,8 \cdot 10^7$
159		$1,9 \cdot 10^7$
159,5		$2,0 \cdot 10^7$

[1]) Walden, Chem. Ber. **32**, 2862—71, 1899.

Um diese Zahlen zu veranschaulichen, sind in Fig. 2 die Logarithmen der Widerstände aufgezeichnet als Funktion der Temperatur.

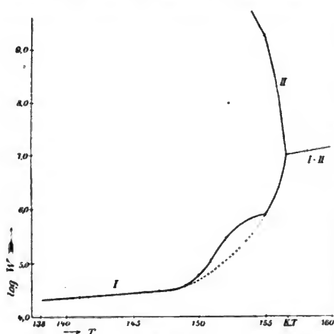


Fig. 2.

Kurve I gehört der ersten Kolumne, Kurve II der zweiten an. Im kritischen Punkt 156,5° stossen die Kurven zusammen und verlaufen dann gemeinsam.

Die Leitfähigkeit dieser Elektrolyte nimmt in den von mir untersuchten Fällen ab mit steigender Temperatur, und nicht zu, wie das bei den wässerigen Lösungen allgemein bekannt ist. Es schiene mir deshalb nicht uninteressant zu sein, die Temperaturkoeffizienten von wässerigen Salzlösungen über 100° C. hieraus in geschlossenen Gefässen zu verfolgen. Ich habe keine Daten darüber in der Litteratur finden können.

Um zu zeigen, dass die Ausdehnung der Flüssigkeit nicht genügt, um die Abnahme des Widerstandes zu erklären, habe ich in Fig. 3 die Kurve aufgezeichnet, wie sich nach den Zahlen von Cailletet und Mathias[1]) das Volumen ändert mit der Temperatur für dasselbe Gebiet.

Aus der Ähnlichkeit der Kurven geht hervor, dass mit der grossen Ausdehnung auch eine grosse Widerstandszunahme Hand in Hand geht, aber man bedenke, dass in Figur 2 die Logarithmen der Widerstände und in Figur 3 die reziproken Dichten selbst aufgetragen sind. Der Logarithmus des Widerstandes nimmt also ungefähr zu wie das Volumen der Flüssigkeit.

1) vergl. Landolt und Börnstein Tab. II, 1894.

Auch oberhalb der kritischen Temperatur, wo eine Volumänderung ausgeschlossen ist, nimmt die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur ab.

Dies eine Beispiel genüge, um ein Bild von dem Verlaufe zu erhalten. Die von mir bis jetzt untersuchten Fälle zeigten alle ähnliche Verhältnisse.

Um noch einen Beweis der elektrolytischen Leitung zu erbringen, suchte ich die Polarisation nachzuweisen.

Es wurden ein oder mehrere Akkumulatoren mit den beiden Elektroden kurze Zeit verbun-

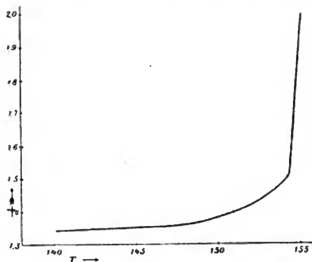


Fig. 3.

den, während die Lösung im kritischen Punkte war; durch Umlegen einer Wippe konnten die Elektroden mit dem Galvanometer verbunden werden. Man erkannte ohne Schwierigkeit eine kleine Polarisation, die in kurzer Zeit auf Null abfiel.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass entsprechend den Angaben von Hannay und Hogarth[1]) die kritische Temperatur durch Zusatz eines Salzes immer erhöht wurde. Bei meinen Versuchen schwankte sie zwischen 156° und 170°. Ueber die Schwierigkeiten der genauen Temperaturbestimmungen, sowie über die merkwürdigen Erscheinungen, dass oberhalb der kritischen Temperatur die Konzentration sich nicht sofort im ganzen Gefäss ausgleicht, werde ich in einer ausführlichen Mitteilung Bericht machen. Diese elektrische Methode scheint mir auch für das Studium des kritischen Punktes kein unbedeutendes Mittel zu sein.

1) Proc. Lond. Soc. **30**, 187 u. 448, 1880.

Bonn, Physikalisches Institut, d. 25. Juli 1900.

(Eingegangen 26. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über den Schnelltelegraphen von Pollak und Virág.[1])

Von C. Déguisne.

Die gewaltige Anzahl von Depeschen, welche in den Telegraphenämtern der grösseren Städte täglich bewältigt werden müssen, und das stete Anwachsen des telegraphischen Verkehrs hat seit Jahren schon die Telegraphentechniker vor die Wahl gestellt, entweder die Zahl der Telegraphenleitungen ständig zu vergrössern oder aber eine bessere Ausnützung der vorhandenen Leitungen anzustreben. Die letztere Aufgabe kann dadurch erfüllt werden, dass auf einer und derselben Leitung mehrere Depeschen — 2, 4 bis 12 — zu gleicher Zeit befördert werden; dies geschieht bei der sog. Vielfach- oder Multiplex-Telegraphie. Dasselbe Ziel lässt sich aber auch in der Weise erreichen, dass man sich mit einer oder höchstens zwei gleichzeitigen Depeschen begnügt, dagegen Apparate verwendet, bei denen die Abwicklung der Depesche erheblich weniger Zeit in Anspruch nimmt, als dies bei den bisher benutzten Apparaten — Morse, Hughes — der Fall ist. Apparate der letzteren Art bezeichnet man treffend als „Schnelltelegraphen". Der einzige Apparat dieser Klasse, der sich bisher in der Praxis bewährt und fast allgemein Eingang gefunden hat, ist der Wheatstonesche Schnelltelegraph, bei welchem die Zeichengebung automatisch mittels vorgelochten Papierstreifens erfolgt.

Vor kurzem wurde durch die beiden Erfinder Pollak und Virág verschiedenen Telegraphenverwaltungen ein Schnelltelegraph vorgeführt, welcher in dem Laboratorium der Vereinigten Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft in Budapest gebaut wurde und so viel verspricht, dass nunmehr die Telegraphenverwaltungen fast sämtlicher Staaten Europas Beamte mit der speziellen Untersuchung dieses Apparates beauftragt haben.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Schnelltelegraphie entgegenstellen, sind zweierlei Natur. Zunächst ist es die Kapazität der Fernleitung, dann aber vor allem der Mangel an Empfindlichkeit des Empfängerapparates und die Trägheit seiner zu bewegenden Teile, welche das Entstehen von scharf begrenzten, rasch aufeinander folgenden telegraphischen Zeichen erschweren.

Die mehrere 100 Kilometer lange Telegraphenleitung bildet mit der Erd- oder der metallischen Rückleitung einen Kondensator von gewaltigen Oberflächen, welche besonders bei Verwendung von unterirdischen Kabelleitungen durch eine verhältnismässig dünne Isolationsschicht von einander getrennt sind. Wird in diese Leitung ein Stromstoss geschickt, so dient der erste Betrag der einströmenden Elektrizitätsmenge zum Laden der Kapazität, und es vergeht eine merkbare Zeit, bis an der Empfangsstation die Stromstärke denjenigen Betrag erreicht hat, welcher zur Hervorbringung des Zeichens erforderlich ist. Doch dies ist noch nicht der grösste Übelstand; denn diese Zeit lässt sich durch Erhöhung der Batteriespannung in genügendem Masse abkürzen. Wird dagegen auf der Senderstation der Strom unterbrochen, so hört er auf der Empfangsstation nicht etwa gleichzeitig auf, sondern die Leitung sendet nunmehr ihre Ladung in gleicher Richtung wie der Arbeitsstrom durch den Empfangsapparat, sodass dort der Strom nur allmählich seinen Nullwert erreicht. Diesem unpräzisen Abreissen der Zeichen, welches einen neuen Zeitverlust bedeutet und durch Änderung der Batteriespannung nicht beseitigt werden kann, begegnen die beiden Erfinder mittels einer Selbstinduktionsspule, welche sie auf der Senderstation der Leitung parallel schalten. Im Moment der

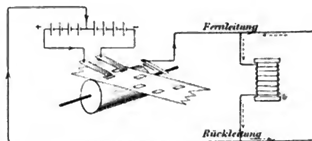


Fig. 1.

Stromunterbrechung sendet diese Spule in die Leitung einen Induktionsstoss, welcher dem Entladestrom der Kapazität entgegenfliesst, und dessen Stärke durch geeignete Dimensionierung der Spule so gewählt werden kann, dass er den letzteren gerade aufhebt. Diese Anordnung erlaubt das Entsenden von bis 100000 Worten, also 2 bis 3 Millionen Zeichen in der Stunde.

Das Geben der Zeichen erfolgt, ähnlich wie bei dem Wheatstoneschen Schnelltelegraphen, automatisch mittels vorgelochten Papierstreifens. Derselbe läuft unter zwei auf einer Trommel aufliegenden, metallischen Federn hindurch. Die Federn sind von einander isoliert und mit den beiden Enden der Betriebsbatterie verbunden,

1) Vortrag, gehalten am 23. Juni 1900 im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.

während die ebenfalls aus Metall hergestellte Trommel an die Leitung und die Mitte der Batterie an die Rückleitung angeschlossen ist. Die Federn sind im Ruhezustand durch den Streifen von der Trommel isoliert und geben bloss bei Durchgang eines Loches mit derselben Kontakt, sodass je nach der Anordnung der Löcher Stromstösse in verschiedener Richtung, in beliebiger Geschwindigkeit und von beliebiger Dauer entsendet werden können. Zur Verständigung dient das Morse-Alphabet, indem ein Stromstoss in der einen Richtung einen Punkt, in der anderen einen Strich bedeutet.

Es handelte sich nun darum, dem Empfangsapparat die genügende Empfindlichkeit zu geben und zugleich die zu bewegenden Massen klein zu bemessen. Die Erfinder haben diese Aufgabe in der glücklichsten Weise gelöst, indem sie als Empfangsapparat das seit langem als empfindlichstes Reagens für kurze Stromstösse bekannte Telephon verwenden. Die Schwingungen der Membran werden dabei nicht akustisch aufgenommen, sondern auf einen Zeiger übertragen; als solcher dient natürlich nicht ein materieller, sondern ein durch einen Spiegel reflektierter Lichtzeiger, welcher auf einer rotierenden, lichtempfindlichen Papiertrommel durch Abweichung nach der einen oder anderen Seite der Nulllinie die positiven oder negativen Stromstösse wiedergiebt. Da diese Trommel während jeder Umdrehung sich in ihrer Längsachse um eine bestimmte Strecke verschiebt, erscheint das Telegramm nach Aufschneiden des Papiercylinders in übereinander liegenden Zeilen wie bei einem Buche, was von den Erfindern mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit, die bei den langen Papierstreifen der heutigen Telegraphenapparate viel zu wünschen lässt, als wesentlicher Vorzug ihres Apparates hervorgehoben wird.

Besonderes Interesse verdient die geniale Art, in welcher unter Vermeidung jeglicher Achsenreibung die Bewegungen der Membrane auf den Spiegel übertragen werden. Über der Telephonöffnung auf dem 5 bis 6 cm im Durchmesser fassenden Gehäuse ist in einer zur Membrane parallelen Ebene ein C-förmig gebogener, permanenter Magnet M (s. Fig. 2) angebracht. Auf dem einen Pol desselben sitzt eine ca. 10 mm lange zweizinkige Plattfeder F_1 aus Eisen, welche von einer den Schlitz durchsetzenden Schraube festgehalten wird und unter ihr in der Längsrichtung verschoben werden kann. Die den Pol überragenden beiden Zinken sind an ihren Enden auf eine Länge von ca. 1 mm senkrecht nach oben zu zwei scharfen Schneiden umgebogen. Der andere Pol trägt eine einfache, 20 bis 30 mm lange, eiserne Feder F_2, deren freies Ende den beiden Schneiden auf ca. 1 mm nahe kommt, und auf die gleiche Länge zu einer Schneide aufgebogen ist. Auf diesen drei Schneiden ruht, durch die magnetische Kraft festgehalten, ein Eisenplättchen, welchem der leichte Glasspiegel aufgekittet ist. Während die zwei Schneiden der

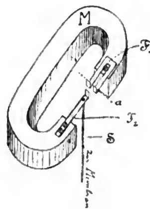


Fig. 2.

doppelzinkigen Feder, die infolge ihrer geringen freien Länge ziemlich starr ist, dem Eisenplättchen eine feste Drehachse a darbieten, nimmt das Ende der längeren Feder, das sich gerade über der Mitte der Membran befindet, vermöge des starren Verbindungsstiftes S an den Bewegungen der letzteren teil und dreht, je nachdem ein positiver oder negativer Stromstoss ankommt, den Spiegel nach der einen oder anderen Seite.

Dieser Apparat ist indessen ohne weiteres noch nicht in der Lage, die Zeichen rein wiederzugeben, da die Eigenschwingungen der Membran störend mitwirken. Wird ein elastisch gelagerter Körper durch eine konstant wirkende Kraft aus seiner Ruhelage abgelenkt, so wird derselbe, falls seine Bewegung nur unmerklich gedämpft ist, zunächst über seine neue Ruhelage hinausschwingen, wieder nahezu in die alte Stellung zurückkehren und dann, wenn die einwirkende Kraft fortdauert, des öfteren um die neue Gleichgewichtslage hin und her pendeln, ehe er zur Ruhe kommt. Hört aber in dem Moment, wo er nach der ersten Schwingung wieder in der Nähe seiner alten Nullstellung angelangt ist, die Kraft auf zu wirken, so wird er, abgesehen von unendlich kleinen Schwingungen, auf seiner alten Stelle in Ruhe verbleiben; d. h. nur dann, wenn die Dauer der Stromstösse der Schwingungsdauer der Membran gleich gemacht wird, fallen die Störungen durch die Eigenschwingungen derselben fort.

Wenn nun auch die Dauer der entsendeten Ströme auf der Geberstation durch die Geschwindigkeit des Papierstreifens und die Breite der Löcher beeinflusst werden kann, so dürfte sich die genaue Einregulierung in der Praxis doch so schwierig gestalten, dass daran wohl die Verwendbarkeit des Apparates gescheitert

sein würde, wenn es den Erfindern nicht gelungen wäre, durch einen neuen Kunstgriff auch diesen Übelstand zu beseitigen. Sie wählen die Dauer der Stösse etwas kleiner als die der

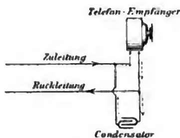


Fig. 3.

Membranschwingung und legen der Telephonwicklung einen derart bemessenen Kondensator parallel, dass dessen Entladungsstrom den fehlenden Betrag in der Stromdauer ergänzt. (s. Fig. 3.)

Es ist ihnen auf diese Weise thatsächlich gelungen, auf Linien von ca. 600 Kilometer Länge mit einer Geschwindigkeit bis zu 100000 Worten in der Stunde sehr klare, scharf begrenzte Telegraphenzeichen zu erhalten. Dabei kann eine Depesche von 500 Worten auf einem Blatt von 65 cm Länge und 9 cm Breite untergebracht werden, während beim Morseapparat hierzu ca. 70 m Papierstreifen nötig sind. Die Übertragung einer Tageszeitung von 16 Seiten oder rund 50000 Worten würde die Leitung nur $\frac{1}{2}$, höchstens 1 Stunde in Anspruch nehmen, während ein geübter Hughes-Telegraphist sie bei derselben Leistung auf 25 bis 30 Stunden belegen müsste.

Eine vor kurzem aus Budapest eingegangene Mittheilung besagt, dass es gelungen ist, das System derart auszubilden, dass der Empfangsapparat statt der Morsezeichen direkte lateinische Kurrentschrift liefert. (Eingegangen 16. Juli 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

H. Pellat, Die Physikalisch Technischen Staatslaboratorien. 6 Seiten.

Nachdem Verfasser auf die Wichtigkeit staatlicher Laboratorien für Präzisionsmessungen und deren hohe Bedeutung, namentlich für die Industrie, hingewiesen hat, giebt er zuerst eine Beschreibung derjenigen Anstalt die für alle Anderen mustergültig geworden ist, der „Physikalisch-Technischen Reichsanstalt" in Charlottenburg. Ihre Einrichtung dürfte ja für die deutschen Fachgenossen allgemein bekannt sein, so dass eine Inhaltsangabe der Beschreibung überflüssig erscheint. Ausser der Reichsanstalt besteht in Deutschland noch die „Normalaichungskommission", deren Thätigkeit ebenfalls als bekannt betrachtet werden darf.

England besitzt drei Institute ähnlicher Art: 1. das „Standards Department", 2. das „Electrical standardising Laboratory" (seit 1889) 3. ein halboffizielles Institut, das „Observatorium in Kew". Das Letztere wird augenblicklich zu einer grösseren Anstalt, nach dem Muster der deutschen Reichsanstalt erweitert. Alle drei unterstehen dem Handelsministerium (Board of drade.)

In Belgien ist bereits vor 8 Jahren beschlossen worden, ausser dem schon bestehenden „Bureau des étalons des poids et mesures", ein „Bureau de Métrologie" nach dem Muster der Reichsanstalt zu bauen; doch hat sich die Ausführung noch immer verzögert.

Russland besitzt in seiner „Centralkammer für Masse und Gewichte" ein vorzügliches Institut, das die Thätigkeit der obengenannten Einzelinstitute in sich vereinigt. Daneben besteht noch für speziellere Zwecke das „Technische Comité der Generaldirektion der indirekten Abgaben"; endlich wäre noch das „Physikalische Centralobservatorium der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften" zu nennen.

In den anderen Europäischen Ländern existieren keine physikalisch-technischen Staatslaboratorien. Höchstens wäre in Österreich die „Normalaichungskommission" zu erwähnen.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika befinden sich in den einzelnen Städten in den Universitäten und Colleges vorzüglich eingerichtete Laboratorien in denen auch die Aichungen für Industriezwecke vorgenommen werden.

Verfasser schliesst mit dem Wunsche, dass auch Frankreich, das bisher noch keine ähnlichen Anstalten besitzt, sich bald zur Errichtung solcher entschliessen möge.

W. Kaufmann.

(Eingegangen 20. Juli 1900.)

W. Spring, Eigenschaften der festen Körper unter Druck, Diffusion der festen Materie, innere Bewegungen der festen Materie. 30 Seiten.

Der Bericht enthält eine sehr lesenswerte und elegant geschriebene Übersicht über die interessanten Versuche, welche die erhebliche Ähnlichkeit der festen und flüssigen Körper in mannigfacher Beziehung darthun, Versuche, die grösstenteils dem Verf. ihre Entstehung oder Anregung verdanken.

1. *Die Plastizität der festen Körper* wurde durch Versuche von Tresca (1864) gefunden: Unter dem Drucke einer hydraulischen Presse fliessen übereinandergelegte Metallblätter durch die Öffnung eines druckfesten Kompressionscylinders in Form von ineinanderliegenden Röhren, und somit treten die Gesetze der Hydrostatik und Hydrodynamik in Geltung, nur mit dem graduellen Unterschiede, dass die festen Körper eine sehr viel höhere innere Reibung als die Flüssigkeiten besitzen.

2. *Die Elastizität fester Körper unter Druck*, die bei vielen Deformationen begrenzt ist, zeigt sich jedoch nach den Versuchen von Spring (1883) gegen Kompression als eine vollkommene; es ergab sich, dass zwar bei Metallen nach der ersten Kompression die Dichte eine dauernde Änderung infolge der Beseitigung von kleinen Hohlräumen erfahren hatte, dass aber nach der zweiten Kompression bei Metallen und bei klarkrystallisierten Salzen von Anfang an das ursprüngliche Volum nach beendigter Kompression sich genau wieder herstellte.

3. *Allotrope Verwandlungen fester Körper* wurden von Spring (1880, 1883, 1894) durch starke Drucke (5 bis 10,000 Atm.) in solchen Fällen gefunden, wo die dem Druck unterworfene Modifikation ein grösseres spezifisches Volum besass, als das Kompressionsprodukt: so verwandeln sich alle Schwefelmodifikationen in die dichteste oktaedrische, amorpher Arsenik ($D = 4.71$) in die krystallinische Modifikation (5.71); die Kaliumhaloidsalze ergaben die vorher unbekannte Thatsache einer Existenz zweier allotropen Zustände, Kohlenstoff wurde durch Moissan zu Diamant komprimiert. Alle Umwandlungen instabiler Modifikationen in die stabile dichteste gelangen jedoch Spring nicht, möglicherweise weil die Umwandlungsgeschwindigkeit zu klein ist, um in den Beobachtungszeiträumen den Vorgang wahrzunehmen (Quecksilbersulfid in Zinnober, Glas, arsenige Säure). Niemals jedoch führt die Kompression nach bekannten thermodynamischen Grundsätzen eine Umwandlung herbei, welche aus einer dichteren Modifikation eine weniger dichte erzeugt. Auch ohne Druck, allein durch Temperaturerhöhung, stellen sich solche allotrope Umwandlungen ein, die beweisen, dass die Molekeln fester Stoffe nicht ohne Wechselbeziehungen zueinander sind. Alle diese Veränderungen bedürfen aber einer erheblichen Zeit.

4. *Das Kompaktwerden fester Körper durch Kompression* oder „das Erwachen der Kohäsionskräfte" ist ebenfalls durch schöne Versuche von Spring (1878, 1880) entdeckt worden, in denen feine Pulver der studierten Substanzen hohen Drucken ausgesetzt wurden. Es fand sich, dass alle dehnbaren Stoffe durch Druck von ca. 10000 Atm. so kompakt wurden, als wenn sie geschmolzen worden wären, während die spröden ihren Pulverzustand unverändert beibehielten. Bei den Metallen ist ersteres offenbar mit der Hämmerbarkeit im direkten Zusammenhang. Es ist auch erwiesen worden, dass die Kompressionswärme sehr klein und das Kompaktwerden ausser Zusammenhang mit der Schmelzbarkeit steht. Durch Versuche von Roberts-Austen und von Fawsitt sind die Resultate Springs völlig bestätigt worden.

5. *Die Diffusion fester Körper* in einander wurde ebenfalls von Spring (1882) an Metallen nachgewiesen, indem durch Kompression von Zinn und Kupfer Bronze, von Zink und Kupfer Messing erhalten wurde. Wismuth, Zinn, Blei und Cadmium bilden bei der Kompression die Lipowitzsche Legierung. Metalle, die sich, wie Zink und Blei, oder Zink und Wismuth, in geschmolzenen Zustand nicht mischen, also keine Legierungen geben, liefern auch bei der Kompression ihren Komponenten nur ein anhomogenes Konglomerat der Bestandteile. Durch eine Arbeit von Henry ist wahrscheinlich gemacht worden, dass die meisten Metalloxyde und Stoffe, wie Diamant, Korund, Quarz sehr polymere Molekeln bilden; da diese Stoffe auch durch Kompression nicht zusammenwachsen, spricht dies dafür, dass Vorbedingung hierfür eine leichte Diffusion ist, welche, wie bekannt, durch die Einfachheit des Molekularzustandes befördert wird, sodass die einatomigen Metallmolekeln besonders günstig gestellt sind. Dass die Diffusion als Grund des Kompaktwerdens anzusehen ist, haben weitere Versuche von Spring (1894, 1895) gezeigt, bei denen Metallcylinder mit je einer aufs präziseste plangeschliffenen frischen Fläche ohne Druck aufeinandergesetzt und — jedoch weit unter ihren Schmelzpunkt — erwärmt wurden. Es zeigte sich bereits nach 3 bis 12 Stunden vollkommen kompakte Verwachsung resp. Legierung, sodass bei gleichartigen Cylindern nach dem Abdrehen der Oberfläche nicht einmal die Verbindungsstelle mehr sichtbar war, Zink und Kupfer hatten eine $^1/_4$ mm dicke Messingschicht, und Blei mit Zinn sogar eine 6 mm dicke Legierungsschicht gebildet; dagegen zeigten die nicht legierbaren Metalle nur einen losen Zusammen-

halt. Weitere interessante Fälle von Diffusion fester Körper sind von Colson (1881, 1882) an Eisen und Kohlenstoff, Chlorsilber und Chlornatrium, Silicium und Platin etc. und von Violle (1882) an Kohlenstoff und Porzellan beobachtet. Das Eintreten chemischer Reaktionen zwischen festen Stoffen (Spring, 1888) spricht ebenfalls für die Diffusionsfähigkeit derselben. Quantitative Diffusionsbestimmungen an Metallen wurden von Roberts-Austen (1896) ausgeführt.

6. *Die Elektrolyse fester Körper* wurde zuerst von Hittorf (1851) an Ag_2S und Cu_2S konstatiert, Gross (1877) fand für viele feste Salze den Temperaturkoefficient der Leitfähigkeit positiv, also den Elektrolyten entsprechend; die elektrolytische Wanderung der Natriumionen durch Glas wurde von Warburg (1884), die Wanderung von Silberionen im festen Jodsilber von Lehmann (1889) erwiesen.

7. *Chemische Reaktionen in festen Körpern* bei der Kompression treten nach Spring (1880, 1882) auf, wenn bei der Verbindung eine Volumkontraktion stattfindet, so bei Ag_2S und CuS. Ausser der Bedingung einer Volumverminderung scheint jedoch noch eine gegenseitige Löslichkeit resp. Diffusionsfähigkeit notwendig zu sein, da sich ZnS weder durch Kompression noch durch Zusammenschmelzen der Komponenten bildet. Dass Kompression andererseits eine unter Volumverminderung eintretende Zersetzung verursacht, haben van't Hoff und Spring (1887) an der Spaltung des Calciumkupferacetats in seine Salzkomponenten gezeigt. Clémandot (1882) zeigte, dass die in der Hitze unter Kontraktion sich bildende harte Kohlenstoff-Eisenverbindung (Stahl) beim allmählichen Abkühlen, wie bekannt, Kohlenstoff ausscheidet und weich wird; in der Hitze komprimiert und unter Druck allmählich abgekühlt jedoch hart bleibt, d. h. nicht zerfällt. Analog zeigte Spring (1888), dass befeuchtete Salzpulver durch Kompression nur kompakt werden, wenn ihre Löslichkeit durch Druck steigt. Die Kompression einer Mischung $BaCO_3 + Na_2SO_4$, sowie von $Na_2CO_3 + BaSO_4$, von denen ersteres ein spezifisches Volum von 0.293, letzteres von 0.277 hat, zeigt jedoch, dass nicht nur die volumvermindernde Reaktion sich abspielt, sondern ein Gleichgewichtszustand von beiden Seiten erreicht wird, der natürlich gegen den normalen Gleichgewichtszustand nach der Seite des dichteren Systems verschoben sein muss. Dieser Versuch, sowie die Gesetze der chemischen Thermodynamik verbieten, dass man dem Schluss des Verf. beistimmt, als scheine die chemische Affinität dem Volumeinflusse untergeordnet, vielmehr wird sich auch zwischen diesen Kräften ein Gleichgewicht herstellen.

Für die zusammenhängende Darstellung dieser interessanten Thatsachen, die für eine künftige tiefere Erkenntnis des Wesens des festen Aggregatzustandes von wesentlicher Bedeutung sein werden, muss man dem Verf. lebhaft Dank wissen. R. Abegg.

(Eingegangen 13. Juli 1900.)

Aug. Charpentier, Über die Netzhautphänomene. 24 Seiten.

Der vorliegende Bericht betrifft den Zusammenhang der objektiven Veränderungen der Netzhaut mit den Gesichtsempfindungen, unterschieden nach Qualität und Intensität. Verfasser zählt zunächst die Netzhautveränderungen, soweit sie bekannt sind — morphotische, chemische, elektrische u. s. w. — auf. In weiteren Abschnitten giebt er eine kritische Übersicht unserer Kenntnisse von der eben merklichen Intensitätsdifferenz, der zur Erregung nötigen Zeitdauer der Lichtreize, sowie der räumlichen und zeitlichen Nachwirkung der Lichtreize; dies führt ihn zu dem Wechsel positiver und negativer Nachbilder (Plateau), sowie zu den von ihm selbst entdeckten Erscheinungen von hellen und dunklen Streifen auf dem weissen Sektor einer rotierenden, dunkeln, kreisförmigen Scheibe: Verfasser hat (1897) aus diesem und andern Versuchen auf das wellenförmige Ablaufen von Schwingungsvorgängen in der Netzhaut geschlossen und zwar 1. radial von der Fovea centralis (entsprechend dem Fixationspunkt) ausgehende, welche bei einer Frequenz von 36 in der Sekunde, 72 mm Fortpflanzungsgeschwindigkeit haben, also 2 mm Wellenlänge, und 2. solche, welche von jedem (auch exzentrisch) vom Licht getroffenen Netzhautpunkte ausgehen, mit 34 Frequenz und 1,7 mm Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also $\lambda = 0{,}05$ mm.

In noch weiteren Abschnitten behandelt Charpentier die Theorien der Farbenempfindungen und insbesondere die zeitlichen Verhältnisse beim Farbigsehen: Farbige Induktion, farbige Nachbilder; das Minimum der Zeitdauer und Intensität eines Lichteindrucks, welches für das Farbigsehen notwendig ist, in der Netzhautmitte und -Peripherie u. a. m. Auf Grund all des Besprochenen tritt Verfasser für die wichtige Rolle antagonistischer Prozesse in der Netzhaut (Dissimilation und Assimilation nach Hering) ein, wendet sich gegen die Annahme, dass die Zapfen ausschliesslich der Farbenempfindung, die Stäbchen dem Helldunkelsehen dienen (v. Kries), und erklärt die bis jetzt bekannten chemischen Veränderungen der Netzhaut für lange nicht genügend zur Erklärung des Funktionierens; es müsste vor allem mechanisches mitwirken. Im ganzen genommen seien die zum Gegenstande des Berichtes gemachten Fragen noch sehr fern von einer erschöpfenden und endgültigen Beantwortung. H. Boruttau.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

J. Macé de Lépinay, Massbestimmungen mit den Interferenzmethoden. 24 Seiten.

Die Schwierigkeit des Stoffes und die Enge des gegebenen Rahmens gestatteten es begreiflicherweise nicht, den Bericht so zu gestalten, dass er auch für jemand verständlich wäre, der mit der Sache nur wenig bekannt ist. Und es liegt auf der Hand, dass ein kurzes genaues Referat über den Bericht erst recht schwer verständlich wäre. Doch erscheint der Gegenstand wichtig genug, die Aufmerksamkeit auf ihn zu lenken.

Wer sich genau über ihn unterrichten will, geht am besten gleich auf die Originalarbeiten zurück. Von diesen citiert de Lépinay folgende:

M. Laurent, Journal de Phys. 411. 1883.

Pérot und Fabry, Ann. de Chim. et de Phys. (7) XII. 1897; XVI. 1899.

Macé de Lépinay, Ann. de Chim. et de Phys. (6) X. 1887; (7) XI. 1897.

Michelson und Benoît, Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures XI. 1894.

Hier sei lediglich auf die leitenden Gesichtspunkte hingewiesen und es sollen nur einige interessante Partien aus dem vorliegenden Berichte herausgegriffen werden.

Die Wellenlänge eines bestimmten Lichtstrahles in einem bestimmten Medium bei einer bestimmten Temperatur ist eine feste Grösse, die überall und zu jeder Zeit denselben Wert besitzt. Sie oder ein Vielfaches von ihr erscheint darum geeignet, als Einheit der Länge oder als Massstab zu dienen. Da eine solche Einheit sehr klein ist, ermöglicht sie sehr genaue Messungen, sobald nur die Zahl der Einheiten genau bestimmt werden kann.

Um auf einer Strecke, auf der sich Wellenlängen eines Lichtstrahls an einander reihen, gewisse Punkte zu markieren, benutzt man die Interferenz zweier oder mehrerer Lichtstrahlen.

Wer nun mit den neueren Anwendungen der Interferenzmethoden nicht bekannt ist, wird zunächst denken, dass es sich hier nur um die Bestimmung kleiner Dicken, z. B. dünner Plättchen, handeln könne. Gewiss, zu diesem Zweck wurden die Interferenzmethoden zunächst angewendet und werden auch in Zukunft dazu dienen. Aber geeignete Verfahren und Instrumente ermöglichen es, auch relativ lange Strecken, bis über 10 cm, optisch durch Interferenz zu bestimmen. Da aber zu diesem Zwecke eine sehr grosse Anzahl von Wellenlängen aneinander zu reihen ist und grosse Gangunterschiede der interferierenden Strahlen auftreten, so erhebt sich die Schwierigkeit, die Ordnung der Interferenz genau zu bestimmen. Eine Methode, diese Aufgabe zu lösen, besteht in folgendem: Zunächst wird die zu messende Strecke durch irgend ein Mittel angenähert bestimmt. Aus dem so erhaltenen Werte wird dann für drei Farben des Spektrums eine Reihe von Interferenzordnungen samt den zugehörigen Bruchteilen berechnet; durch die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den direkt bestimmten Bruchteilen wird die direkte Interferenzordnung identifiziert. Unter Bruchteil hat man den Gangunterschied zu verstehen, um den sich die Interferenz ändern muss, damit an Stelle der wirklich beobachteten Interferenzpunkte das Centrum des nächsten hellen oder dunkeln Streifens Visierpunkt wird. Bruchteile sind leicht zu bestimmen.

Eine weitere Aufgabe besteht oder bestand vielmehr darin, die Wellenlängen genau in metrischen Einheiten auszudrücken; sie wurde gelöst von Michelson und Benoît.

Es ist unmöglich, in verständlicher Weise auf dem hier zugemessenen beschränkten Raume die einzelnen Verfahren und Apparate zu besprechen, deren sich die Interferenzmethoden bedienen. Nur über ein Verfahren sei kurz berichtet, da es wertvoll und noch wenig bekannt ist.

Man weiss, dass die Newtonschen Farbenringe im durchfallenden Lichte nicht so scharf sind, wie im reflektierten, infolge der verschiedenen Amplituden der interferierenden Strahlen. Diese Verschiedenheit kann man dadurch beseitigen, dass man, wie es Pérot und Fabry gethan haben, das Reflexionsvermögen der reflektierenden Fläche durch eine noch hinreichend durchsichtige Silberschicht genügend vergrössert. Dann erscheinen die Interferenzringe auch im durchfallendem Lichte scharf. Durch diesen Kunstgriff wird noch ein zweites Resultat von grosser Wichtigkeit erreicht. „Die hellen Streifen, anstatt breit und unscharf begrenzt zu sein wie die gewöhnlichen Interferenzstreifen, sind schmal und zeigen das Aussehen der von einem Gitter gelieferten Spaltbilder."

„Der Grund dieser Analogie ist darin zu suchen, dass der Mechanismus der Erscheinung in beiden Fällen der gleiche ist. Infolge der mehrfachen Reflexionen an den reflektierenden Flächen erhält man nämlich in Wirklichkeit eine Reihe ebener äquidistanter Wellen, welche alle nach der Brechung von dem Objektiv des Fernrohrs in demselben Punkt der Brennebene des letzteren vereinigt werden; und dank der Versilberung der reflektierenden Flächen nehmen die Intensitäten der aufeinanderfolgenden Wellen nach einer geometrischen Reihe ab, deren Exponent von Eins nicht merklich verschieden ist. Demgemäss kann die Zahl dieser Wellen, welche zur Erhellung eines jeden Punktes des Gesichtsfeldes wirksam beitragen, sehr beträchtlich werden."

„In gewissen Punkten des Gesichtsfeldes

(Helligkeitsmaximum) beträgt der Gangunterschied aufeinanderfolgender Wellen eine ganze Anzahl von Wellenlängen; alle Schwingungen, die sich übereinander lagern, haben darum die gleiche Phase."

„Wenn man sich von einem solchen Punkte nur ein wenig entfernt, beträgt der Gangunterschied nicht mehr eine ganze Anzahl von Wellenlängen; unter allen in Betracht kommenden Wellen befinden sich solche, deren Gangunterschied von der ersten um bedeutend mehr als eine ganze Anzahl abweicht, so dass die resultierende Intensität beträchtlich geschwächt wird."

„Die Intensität nimmt darum nach den beiden Seiten eines Maximums sehr rasch ab."

„Hingewiesen sei im Vorbeigehen auf die wichtigen Anwendungen dieser Vorrichtung auf die Spektroskopie. Man hat nämlich faktisch die gleichen Verhältnisse vor sich, wie wenn man sich eines Gitters bediente, das zwar eine schwache auflösende Kraft besitzt, aber die Beobachtung eines Spektrums von sehr hoher Ordnung gestattet. Die erhaltene Dispersion kann sehr gross werden und unmittelbar benachbarte Teile des Spektrums besser zu trennen erlauben, als das vorzüglichste Gitter."

J. Stark.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

II. D'Arsonvals Exploseur rotatif.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Im Elektrizitätspalast ist in Klasse 27 ein von Gaiffe & Co. in Paris gebauter Apparat zur Erzeugung starker Hochfrequenzströme für physikalische und medizinische Zwecke ausgestellt. Dem Prinzipe nach ist dieser Apparat nach dem bereits bekannten d'Arsonvalschen System konstruiert, wovon Fig. 1 ein schematisches Bild giebt.

Ein Labourscher Transformator mit geschlossenem magnetischen Kreis wird mit einem Wechselstrom von 110 Volt gespeist und erzeugt an den Klemmen der Sekundärspule eine Spannung von 15000 Volt. Mit dieser werden zwei Plattenkondensatoren geladen, welche bei den neuesten grösseren d'Arsonvalschen Apparaten durch mehrere aufeinander geschichtete 2 mm dicke Micanit- und dünne Weissblechplatten hergestellt sind. Die äusseren Belege dieser Kondensatoren sind mit den Enden einer aus 10 Windungen starken Kupferdrahtes bestehenden Hochfrequenzspule, die inneren Belege mit den Kugeln der Funkenstrecke verbunden.

Um den bei den Kondensatorentladungen auftretenden Flammenbogen auf dieser Funkenstrecke zu beseitigen, was zur exakten Unterbrechung des Hochfrequenzstromes und damit zur guten Wirkung des ganzen Apparates bekanntlich notwendig ist, bediente man sich bisher einer Magnet- oder Luftgebläse-Vorrichtung. D'Arsonval hat letztere durch seinen „Exploseur rotatif" (Rotierender Funkenlöscher) genannten Apparat ersetzt. Dieser kleine, sehr wirksame Apparat hat mit dem Gebläse das Ausblasen der Funken und die Kühlung der Zinkkugeln durch einen Luftstrom gemein, doch unterscheidet er sich vorteilhaft durch seine geringeren Anschaffungskosten, sehr mässigen Energieverbrauch, grössere Handlichkeit, Regu-

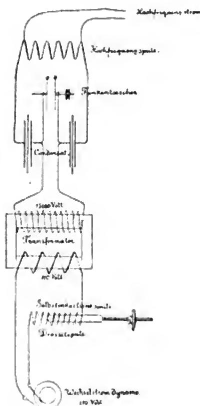


Fig. 1.

lierbarkeit und Betriebssicherheit von dem bisher gebräuchlichen Gebläse.

Der Exploseur rotatif besteht aus zwei kurzen Metallwellen W^1 und W^2, die durch eine Ebonit-

muffe M mit einander zu einer Welle verbunden sind. (Fig. 2.)

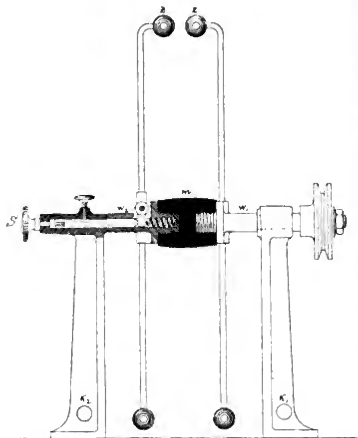


Fig. 2.

An jeder dieser Wellenhälften ist in einer Richtung normal zur Achse ein starker Draht befestigt, der in einer Zinkkugel endigt, derart, dass beide Kugeln sich in einer kleinen Entfernung in achsialer Richtung gegenüberstehen.

Diese Entfernung bildet die Funkenstrecke und ist innerhalb gewisser Grenzen durch eine Schraube S verstellbar.

Wird nun die Welle W direkt an die Ankerwelle eines kleinen Elektromotors angeschraubt oder auf andere Art in rasche Rotation versetzt, so beschreiben die Kugeln Parallelkreise von etwa 30 cm Durchmesser durch die Luft und die Wirkung der letzteren auf die Funken ist gleich derjenigen eines energischen Gebläses auf die ruhende Funkenstrecke. Ist der Exploseur rotatif in Thätigkeit, so werden die einzelnen Kondensatorentladungen getrennt und man sieht eine prächtig leuchtende Perlkette, welche bald still steht, bald sich rechts, bald links herum dreht, je nach der Winkelgeschwindigkeit des Apparates, ähnlich wie bei dem bekannten Geissler-Röhren-Rotationsapparat.

Zur Transformation des Hochfrequenzstromes in einen hochgespannten dient ein Hochspannungstransformator, dessen primäre Wicklung aus etwa 4—6, dessen sekundäre aus 200 bis 400 Windungen blanken Kupferdrahtes besteht.

Die zwischen den sekundären Klemmen überspringenden Funkenbüschel erreichen etwa $^1/_2$ m Länge.

Von der vortrefflichen Wirkung des Exploseur rotatif kann sich ein jeder an Ort und Stelle überzeugen; bei der Einfachheit und Leistungsfähigkeit des Apparates dürfte sich seine Anwendung zur Erzielung kräftiger Hochfrequenzströme sehr empfehlen.

Paris, Anfang Juli 1900.

(Eingegangen 18. Juli 1900.)

Tagesereignisse.

Promotionsordnung für die Erteilung der Würde eines Doktor-Ingenieurs durch die Technischen Hochschulen Preussens.

Nachdem durch den Allerhöchsten Erlass vom 11. Oktober 1899 den Technischen Hochschulen das Recht beigelegt worden ist, die Würde eines Doktor-Ingenieurs (abgekürzte Schreibweise, und zwar in deutscher Schrift: Dr.-Ing.) zu verleihen, wird in Ausführung dieses Erlasses hierdurch bestimmt, was folgt:

§ 1.

Die Promotion zum Doktor-Ingenieur ist an folgende von dem Bewerber zu erfüllende Bedingungen geknüpft:

1. Die Beibringung des Reifezeugnisses eines deutschen Gymnasiums oder Realgymnasiums oder einer deutschen Oberrealschule.

Welche Reifezeugnisse noch sonst als gleichwertig mit den vorbezeichneten Reifezeugnissen zuzulassen sind, bleibt der Entschliessung des vorgeordneten Ministeriums vorbehalten.

2. Den Ausweis über die Erlangung des Grades eines Diplom-Ingenieurs nach Massgabe der Bestimmungen, welche das vorgeordnete Ministerium hierüber erlassen wird.

3. Die Einreichung einer in deutscher Sprache abgefassten wissenschaftlichen Abhandlung (Dissertation), welche die Befähigung des Bewerbers zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten auf technischem Gebiete darthut. Dieselbe muss einem Zweige der technischen Wissenschaften angehören, für welchen eine Diplomprüfung an der Technischen Hochschule besteht.

Die Diplomarbeit kann nicht als Doktordissertation verwendet werden.

4. Die Ablegung einer mündlichen Prüfung.

5. Die Entrichtung einer Prüfungsgebühr im Betrage von 240 Mark.

§ 2.

Das Gesuch um Verleihung der Würde eines Doktor-Ingenieurs ist schriftlich an Rektor und Senat zu richten. Dem Gesuche sind beizufügen:

a) ein Abriss des Lebens- und Bildungsganges des Bewerbers;

b) die Schriftstücke in Urschrift, durch welche der Nachweis der Erfüllung der in § 1 Ziffer 1 und 2 genannten Bedingungen zu erbringen ist;

c) die Dissertation mit einer eidesstattlichen Erklärung, dass der Bewerber sie, abgesehen von den von ihm zu bezeichnenden Hilfsmitteln, selbständig verfasst hat;

d) ein amtliches Führungszeugnis.

Gleichzeitig ist die Hälfte der Prüfungsgebühr als erster Teilbetrag an die Kasse der Hochschule einzuzahlen.

§ 3.

Rektor und Senat überweisen das Gesuch, falls sich keine Bedenken ergeben, an das Kollegium derjenigen Abteilung, in deren Lehrgebiet der in der Dissertation behandelte Gegenstand vorzugsweise einschlägt, mit dem Auftrage, aus seiner

Mitte eine Prüfungskommission mit einem Vorsitzenden, einem Referenten und einem Korreferenten zu bestellen.

In besonderen Fällen kann auch ein Dozent, welcher dem Abteilungskollegium nicht angehört, oder ein Professor oder Dozent einer anderen Abteilung in die Kommission berufen werden.

§ 4.

Nach Prüfung der Vorlagen durch die Kommission erstattet der Vorsitzende an das Abteilungskollegium einen schriftlichen Bericht, welcher nebst der Dissertation und den von dem Referenten und dem Korreferenten abgefassten Gutachten über dieselbe bei sämtlichen Mitgliedern des Abteilungskollegiums in Umlauf zu setzen ist. Hierauf entscheidet das Kollegium in einer Sitzung über die Annahme der Dissertation und bestimmt bei günstigem Ausfall die Zeit für die mündliche Prüfung.

Der Restbetrag der Prüfungsgebühr ist vor der mündlichen Prüfung zu entrichten.

§ 5.

Zu der mündlichen Prüfung sind einzuladen:

Das vorgeordnete Ministerium bezw. dessen ständiger Kommissär, Rektor und Senat sowie sämtliche Professoren und Dozenten der beteiligten Abteilung. Ausserdem hat jeder Lehrer einer deutschen Technischen Hochschule oder Universität zu derselben Zutritt.

Die mündliche Prüfung, welche mit jedem Bewerber einzeln vorzunehmen ist, wird von dem Vorsitzenden geleitet. Sie muss mindestens eine Stunde dauern und erstreckt sich, ausgehend von dem in der Dissertation behandelten Gegenstand, über das betreffende Fachgebiet.

§ 6.

Unmittelbar nach beendeter Prüfung entscheidet das Abteilungskollegium auf den Bericht der Prüfungskommission in einer Sitzung darüber, ob und mit welchem der drei Prädikate:

„Bestanden"
„Gut bestanden"
„Mit Auszeichnung bestanden"

der Bewerber als bestanden zu erklären und die Erteilung der Würde eines Doktor-Ingenieurs an ihn bei Rektor und Senat zu beantragen ist. Der Senat fasst in seiner nächsten Sitzung über den Antrag des Abteilungskollegiums Beschluss.

§ 7.

Der Beschluss des Senates wird dem Bewerber durch den Rektor mitgeteilt. Das Doktor-Ingenieur-Diplom wird ihm jedoch erst ausgehändigt, nachdem er 200 Abdrücke der als Dissertation anerkannten Schrift eingereicht hat. Vor der Aushändigung des Diploms hat er nicht das Recht, sich Doktor-Ingenieur zu nennen.

Die eingereichten Abdrücke müssen ein besonderes Titelblatt tragen, auf dem die Abhandlung unter Nennung der Namen des Referenten und des Korreferenten ausdrücklich bezeichnet ist als: von der Technischen Hochschule .... zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation.

§ 8.

Das Doktor-Ingenieur-Diplom nach dem in Anlage I enthaltenen Muster wird im Namen von Rektor und Senat ausgestellt und von dem Rektor eigenhändig unterzeichnet. Ein Abdruck des Diploms wird 14 Tage lang am schwarzen Brett des Senates ausgehängt.

Die erfolgten Promotionen werden nach Massgabe des in Anlage II enthaltenen Musters halbjährlich im Reichsanzeiger veröffentlicht.

§ 9.

Die Hälfte der Prüfungsgebühr wird nach Abzug der erwachsenen sächlichen Kosten (z. B. der aus § 8, Abs. I erwachsenen Auslagen, der Vergütungen für Bureauarbeiten und sonstige Dienstleistungen) zu einer Kasse für allgemeine Zwecke der Hochschule (z. B. Hilfskasse, studentische Krankenkasse, Unterstützung von Studienveröffentlichungen und sonstigen wissenschaftlichen Arbeiten von Studierenden, Ehrenausgaben u. s. w., welche zur Verfügung des Senates steht) vereinnahmt. Die andere Hälfte der Gebühr wird unter die Mitglieder der Prüfungskommission nach einer vom Senat zu erlassenden allgemeinen Anordnung verteilt.

§ 10.

Bedürftigen und besonders würdigen Bewerbern kann der zweite Teilbetrag (§ 4 letzter Absatz) der Prüfungsgebühr auf Vorschlag der Abteilung vom Senat erlassen werden.

§ 11.

Von dem Nichtbestehen der Prüfung oder von der Abweisung eines Bewerbers ist sämtlichen deutschen Technischen Hochschulen vertraulich Mitteilung zu machen.

Eine abermalige Bewerbung ist nur einmal und nicht vor Ablauf eines Jahres zulässig. Dies gilt auch, wenn die erste erfolglose Bewerbung an einer anderen Hochschule stattgefunden hat.

War die erste Bewerbung an der nämlichen Hochschule erfolgt, und war bei derselben die Dissertation angenommen worden, aber die mündliche Prüfung ungünstig ausgefallen, so ist nur die letztere zu wiederholen und nur der zweite Teilbetrag der Prüfungsgebühr nochmals zu entrichten.

§ 12.

In Anerkennung hervorragender Verdienste um die Förderung der technischen Wissenschaften kann auf einstimmigen Antrag einer Abteilung durch Beschluss von Rektor und Senat unter Benachrichtigung der übrigen deutschen Technischen Hochschulen die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehrenhalber als seltene Auszeichnung verliehen werden.

Berlin, den 19. Juni 1900.

Der Minister
der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.
Studt.

Personalien.

Der Privatdozent an der Technischen Hochschule in München Dr. C. Heinke ist zum ordentlichen Professor für Elektrotechnik daselbst ernannt worden.

Der ausserordentliche Professor an der Universität Würzburg, Dr. Ludwig Medicus, ist zum ordentlichen Professor der Pharmacie und angewandten Chemie, sowie zum Vorstand des technologischen Instituts in der philosophischen Fakultät befördert worden.

Der Professor an der Staats-Gewerbeschule in Krakau, Dr. Johann Rajewski, ist zum ausserordentlichen Professor der Mathematik an der Universität in Lemberg ernannt worden.

Zum Direktor der Technischen Hochschule in München ist für die nächsten 3 Jahre der Professor der Mathematik Walther Dyck ernannt worden.

Für das Studienjahr 1900/01 ist der o. Professor der Physik Dr. Schering zum Rektor der Technischen Hochschule in Darmstadt gewählt und ernannt worden.

Zum ersten Rektor der neuen Birmingham-Universität wurde der Professor der Experimentalphysik am University College in Liverpool Oliver Lodge ernannt.

In Breslau habilitierte sich Dr. Herz für Chemie.

Berichtigungen.

In der Arbeit von E. Villari, Heft 42, S. 450, zweite Spalte, Zeile 23 muss statt Entladungen „Ladungen", Seite 451, erste Spalte, Zeile 52 statt 100 Teile „1000 Teile" stehen.

In der Arbeit von E. van Aubel, Heft 42, Seite 452 ist statt Arcet durchgängig Darcet zu setzen. Seite 452, erste Spalte, Zeile 45 muss es heissen „zwischen 100° und + 18°, + 18° und — 79°, — 79° und — 186°."

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 45. 11. August 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Erzeugung von X-Strahlen durch einen Batteriestrom.

Von J. Trowbridge.

Ich habe kürzlich die Aufstellung einer Batterie von 20000 Akkumulatoren im Jeffersonschen Physikalischen Laboratorium vollendet. Dieselbe giebt über 40000 Volt und durch einen grossen Widerstand hindurch einen ziemlich stetigen Strom. Eine der mich am meisten interessierenden Fragen bezüglich der Batterie war die Möglichkeit oder Unmöglichkeit, wirksame X-Strahlen mit ihr zu erzeugen. Die Antwort auf diese Frage fiel bejahend aus, da die Strahlen in grosser Intensität erzeugt wurden; es ist möglich. Photographien von den gebräuchlichen Objekten zu machen, die sich dieser Art der Untersuchung darbieten. Die Negative zeigen grosse Kontraste, und es sind sogar Spuren von den Schatten der Bänder und Muskeln vorhanden.

Der grosse Vorteil dieser neuen Methode zur Erzeugung der Strahlen besteht in der Möglichkeit, den Strom und die Potentialdifferenz, die zur Erzeugung der Strahlen nötig sind, zu regulieren. Dies ist bei keiner der anderen gegenwärtig gebräuchlichen Methoden möglich. Wenn die X-Strahlenröhre mit der Batterie verbunden wird, so fliesst zuerst kein Strom; man muss erst die Röhre mit einem Bunsenbrenner anwärmen. Bei einer bestimmten kritischen Temperatur leuchtet die Röhre plötzlich in lebhaftem Fluorescenzlicht, und die Strahlen werden mit grosser Intensität ausgesandt. Ich gebrauchte einen Widerstand aus destilliertem Wasser von ungefähr 4 Millionen Ohm in Serienschaltung zur Röhre. Der Strom betrug infolgedessen nicht mehr als drei bis vier Milliampère.[1]) Es ist ein interessantes Schauspiel, die Röhre in so glänzender und geräuschloser Weise leuchten zu sehen.

Da ein so grosser Widerstand nötig war beim Gebrauch von 40000 Volt, so schien es möglich, die Strahlen mit weniger Zellen zu erzeugen. In der That lassen sie sich unschwer in brillanter Weise mit 20000 Volt[2]) erzeugen; und ich sehe nicht ein, warum sie nicht mit einer noch viel kleineren Zahl erzeugt werden können, wenn man erst eine passende Röhre hat. Da ich 4 Millionen Ohm als Vorschaltwiderstand gebrauchte, so ist es klar, dass in dem Stromkreis keine elektrischen Schwingungen möglich waren. Notwendig für die wirksame Erzeugung von X-Strahlen ist offenbar ein gleichgerichteter Strom, und zwar ein Strom von genügender Stärke, um die Antikathode zur Rotglut zu erhitzen. Wenn die Antikathode weissglühend wird, so fällt der Widerstand der Röhre, infolge der von den Elektroden und den Wänden der Röhre entwickelten Gase, derartig, dass die Strahlen schwächer werden. Diese Widerstandsänderung der Röhre ist eine sehr wichtige Erscheinung. Sie ist augenscheinlich bewirkt durch das Freiwerden von Gasen, die in den metallischen Elektroden und den Glaswänden der Röhre okkludiert waren. Dr. Rollins in Boston hat kürzlich im „Electrical Engineer" einen Versuch veröffentlicht, der mir in dieser Hinsicht beweisend zu sein scheint. Zwei gewöhnliche „Focus"-Röhren waren miteinander verbunden durch ein Rohr, das senkrecht zur Achse der beiden Röhren stand. Die Anordnung stellte

1) Eine solche Stromstärke ist mit einer vielplattigen Influenzmaschine auch erreichbar; in der That erhält man mit einer solchen auch sehr gute X-Strahlen bei stetigem Strom. Es fehlt leider jede quantitative Angabe des Verf. über die erzielte Intensität. (Der Übersetzer.)

2) Im Original steht, wahrscheinlich irrtümlich, „20000 Zellen". (Der Übersetzer.)

also eine doppelte Röntgenröhre dar. Sie war sehr hoch evakuiert; derselbe Verdünnungsgrad herrschte in beiden Röhren. Eine der Röhren wurde dann erhitzt, bis eine Potentialdifferenz, entsprechend einer Schlagweite von 1 Zoll, die X-Strahlen mit grosser Intensität erzeugte; gleichzeitig konnte eine Potentialdifferenz, entsprechend 8 Zoll Schlagweite, die andere mit der ersten verbundene Röhre nicht zum Leuchten bringen;[1]) und doch herrschte in beiden Röhren derselbe Verdünnungsgrad. Es scheint also das Vorhandensein okkludierter Gase und nicht der Verdünnungsgrad massgebend für die Erzeugung der Strahlen zu sein. Mit dem stetigen Batteriestrom kann man diese Erscheinung sehr vorteilhaft beobachten. Wenn die Röhre bis zu einer bestimmten kritischen Temperatur erhitzt ist, dann kommt ein blauer Nebel von der Anode her und wird durchsetzt von dem Bündel der Kathodenstrahlen. Wenn die Stromstärke allmählich erhöht wird durch Verminderung des Vorschaltwiderstandes, so füllt der blaue Nebel[2]) die ganze Röhre, die Antikathode wird weissglühend und die X-Strahlen verschwinden. Vermindert man den Strom, so sinkt die Antikathode wieder auf Rotglut, der blaue Nebel zieht sich zusammen, sinkt in die Anode und die X-Strahlen kommen wieder mit grossem Glanze hervor. Das Verschwinden des blauen Nebels bedeutet eine Vermehrung des Widerstandes der Röhre; die Antikathode glüht schwächer und schwächer, und wenn jetzt der Strom nicht vermehrt wird, so verlöscht die Röhre ganz und muss wieder angeheizt werden.

Ein stetiger Batteriestrom mit regulierbarem Flüssigkeitswiderstand ist, glaube ich, unentbehrlich, wenn man die besten Bedingungen zur Erzeugung der Strahlen studieren will. Eine Akkumulatorenbatterie von 40000 Volt setzt mich in Stand, die Spannung und die Stromstärke in weiten Grenzen zu ändern. Die Röhre glüht vollkommen stetig und die Stärke der X-Strahlen scheint kontrollierbar. Da die Erscheinung der Gasokklusion in einer X-Strahlenröhre einen solch grossen Einfluss auf den Durchgang des Stromes durch einen evakuierten Raum hat, so interessierte es mich, die Erscheinung von einem Drucke von 1 oder 2 Millimetern bis zum X-Strahlen-Vakuum zu untersuchen. Ich benutzte hierzu eine Röhre mit Längsdurchsicht von besonderer Konstruktion. Ein Ende der Röhre war in eine dünne Kugel aufgeblasen, durch die die X-Strahlen beobachtet werden sollten; es war möglich, die Röhre stark zu erwärmen, um einen hohen Verdünnungsgrad hervorzubringen; und ferner war diese Röhrenform sehr brauchbar für die spektroskopische Beobachtung der Entladung. Wenn die Röhre bis zum Auftreten der geschichteten Entladung ausgepumpt war und mit der Batterie verbunden wurde, so konnte die Stärke und Form der Schichten durch Vermehrung oder Verminderung der Stromstärke verändert werden; wenn der Strom vermehrt wurde, so löste sich eine blaue Entladung von der Anode ab und verband sich mit den Schichten im engen Teil der Röhre. Dieser Prozess konnte wiederholt werden, bis sich so eine Art stehender Wellen gebildet hatte. Wenn der Strom vermindert wird, so verschwinden die Schichten in den Elektroden, und zwar mehr in der Anode als in der Kathode. Dieser Prozess kann bis zum X-Strahlen-Vakuum fortgesetzt werden. Da infolge des Vorschaltwiderstandes von einigen Megohm keine elektrischen Schwingungen im Stromkreise möglich sind, so scheint mir die Theorie der molekularen Stösse im Verein mit der Erscheinung der Okklusion am wichtigsten. Die von mir benutzte Längssichtröhre war mit Wasserstoff gefüllt, der durch Elektrolyse von Phosphorsäure in destilliertem Wasser erhalten war. Das Gas wurde dann durch Kalilauge und Phosphorpentoxyd geleitet. Für quantitative Versuche scheint mir zweifellos Hittorfs Jodcadmiumlösung in Amylalkohol als Widerstand besser zu sein als destilliertes Wasser.

(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

(Eingegangen 13. Juli 1900.)

1) Wie weit war das Verbindungsrohr? Wie lange wurde gewartet? Bei den ausserordentlich niedrigen Drucken diffundiert das Gas sehr langsam. (Der Übersetzer.)

2) Der „blaue Nebel“ ist das negative Glimmlicht; seine Ausdehnung und Zusammenziehung rührt von der Zusammenziehung resp. Ausdehnung des „dunklen Kathodenraumes“ her. (Der Übersetzer.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).

No. 6:[1]) L. Puccianti, Noch einmal über die Absorptionsspektra im Ultrarot.

In einer vorläufigen Mitteilung, die im vorigen Jahre[2]) in dieser Zeitschrift veröffentlicht worden ist, habe ich über meine Untersuchungen über die Absorptionsspektra im Ultrarot des Benzol, des Toluol, des Orthoxylol und des Methyljodürs berichtet. Ich wies einige Übereinstimmungen nach, welche mit dem schon von Spring entwickelten Gedanken in Einklang stehen, dass die Absorption der organischen Verbindungen in enger Beziehung zu den Atom-

1) No 5: Diese Zeitschrift I, 153, 1899.

2) Diese Zeitschrift I, 49, 1899.

gruppen stehe, aus welchen die Molekel zusammengesetzt ist. Ich machte sodann auf eine Übereinstimmung zwischen einer Bande des Benzol und einer des Methyljodür aufmerksam, die durch diese Schlussfolgerung nicht erklärt werden kann, und folglich als zufällige Übereinstimmung betrachtet werden müsste. In der Folge habe ich viele andere Versuche angestellt, sowohl an den nämlichen Körpern wie auch an einer Reihe von neuen Verbindungen. Es ist mir dabei klar geworden, dass die Vorstellung von der durch Atomgruppen veranlassten Absorption nicht ausreicht, um von dem grössten Teile der Übereinstimmungen Rechenschaft zu geben. Man kann diese aber in anderer Art mit der chemischen Natur des Körpers in Beziehung bringen.

Die von mir geprüften Verbindungen sind folgende:

Benzol
Toluol
Orthoxylol
Metaxylol
Paraxylol
Äthylbenzol
Pyridin
} Hexagonale

Äthyljodür
Methyljodür
Äthyläther
Methylalkohol
Äthylalkohol
} Paraffine

Allylalkohol — Olefin.
Schwefelkohlenstoff
Chlorkohlenstoff
} nicht hydrogenisiert
Wasser.

Die Flüssigkeiten wurden in einer Dicke von 1,40 mm geprüft; beim Äthylalkohol wurde auch ein Teil des Spektrums bei einer Dicke von 0,27 mm durchmustert. (Siehe Tafel, Kurve 13.)

Die Resultate sind graphisch durch Kurven auf umstehender Tafel dargestellt; die Abscissen entsprechen den kleinsten Ablenkungen bei meinem Quarzprisma; (brechender Winkel $59^{0}\ 58'\ 30''$; die Halbierungsebene des brechenden Winkels steht lotrecht zur optischen Achse;) die Ordinaten entsprechen der prozentualen Absorption.

Die obenstehenden Zahlen bedeuten die Wellenlängen nach den Dispersionsbestimmungen von H. Rubens.[1]) Die vertikalen Linien, welche verschiedene Kurven schneiden, bezeichnen die Uebereinstimmungen, die die Spektra aufweisen.

Die wichtigste Übereinstimmung wird von der nicht unterbrochenen Linie angezeigt; verfolgt man dieselbe, so findet man, abgesehen von kleinen Unterschieden, die Messungsfehlern zuzuschreiben sind, ein Maximum bei den Spektren von dreizehn Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs, während an derselben Stelle des Spektrums der Schwefelkohlenstoff und der Chlorkohlenstoff keine wahrnehmbare, und Wasser nur eine sehr geringe Absorption zeigen. Man kann die Ubereinstimmung nicht einer gemeinsamen Atomgruppe zuschreiben, auch nicht dem Vorhandensein des Wasserstoffs allein oder des Kohlenstoffs allein, sondern dem Kohlenstoff in Verbindung mit dem Wasserstoff.

Donath kam in seiner geschätzten Arbeit „Bolometrische Untersuchungen über Absorptionsspektra fluorescierender Substanzen und ätherischer Öle"[1]) zu Resultaten, die hier zusammen mit den meinigen besprochen werden müssen.

Er fand, dass folgende sieben Substanzen:

Terpentinöl
Wachholderöl
Rosmarinöl
Lavendelöl
Sassafrasöl
Olivenöl
Petroleum

in der spektralen Region von 0,7 bis 2,75 μ Wellenlänge Absorptionskurven von fast gemeinsamem Verlaufe haben, welche Erscheinung er dem Gehalt dieser Substanzen an Kohlen- und an Wasserstoff zuschreibt; aber sowohl wegen der geringen Zahl, wie auch wegen der Art der geprüften Körper kann sein Schluss nur einen geringen Grad von Wahrscheinlichkeit haben. In der That zeigen meine Versuche, dass in der spektralen Region von 2 bis 2,75 μ Wellenlänge, die Kurven von verschiedenen Verbindungen, die sämtlich alle beide Elemente enthalten, unter sich sehr verschieden sind, und keinerlei gemeinsames Charakteristikum aufweisen.

Der fast gleiche Verlauf der Kurven, den Donath fand, kann also nicht von dem Gehalt an Kohlen- und Wasserstoff herrühren.

Im übrigen Spektrum zeigen die Donathschen Kurven ein anderes, einziges Charakteristikum: nämlich ein Maximum in der Nähe von 1,7 μ, also übereinstimmend mit dem Maximum, das ich bei dreizehn Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs fand. Die Donathsche Folgerung ist also nur in Bezug auf dieses Maximum richtig, aber erst mit Rücksicht auf meine Versuche kann man folgenden Schluss als sehr wahrscheinlich hinstellen:

„Flüssige Verbindungen, welche Kohlenstoff in direkter Verbindung mit Wasserstoff enthalten, zeigen ein Absorp-

1) Wied. Ann. **53**, 267, 1894.

1) Wied. Ann. **58**, 609, 1896.

tions-Maximum bei 1,71 μ Wellenlänge." Beachtenswert sind ferner folgende Beziehungen zwischen der chemischen Natur und der Absorption:

a) Die sieben Verbindungen, deren Molekel hexagonalen Bau haben, zeigen ausser dem gewöhnlichen Maximum noch zwei andere gemeinsame Maxima, ($38^0\ 13'$ und $38^0\ 44'$) die von der Linie — · — · — · — · — · — · angegeben werden; sie stehen wahrscheinlich in Beziehung zu dem besonderen Bau des Moleküls.

b) Die Spektra der drei Alkohole sind unter einander ähnlich; bemerkenswert ist der Zusammenhang der Maxima, welche der kleinsten Ablenkung von $38^0\ 50'$ entsprechen; wir bezeichnen sie mit der — — — — Linie.

c) Die drei Xylol Isomeren haben annähernd, aber doch nicht völlig identische Absorption.

d) In meiner früheren Abhandlung wies ich die annähernde Übereinstimmung zwischen der Bande des Toluols und des Orthoxylols bei $38^0\ 30'$ und zwischen der doppelten Bande des Methyljodürs nach. Meine neuen Messungen zeigen, dass auch die beiden anderen Xylole, das Äthylbenzol, das Äthyljodür, der Äther, der Äthylalkohol und der Methylalkohol Maxima

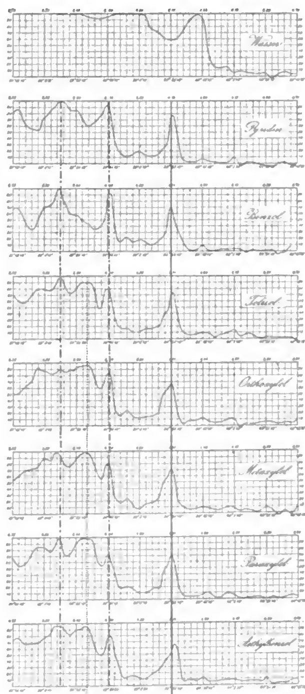


Fig. 1.

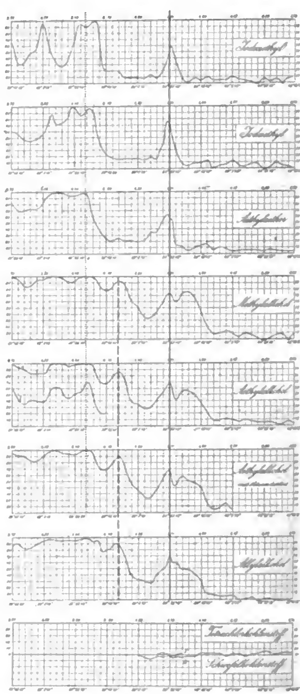


Fig. 2.

haben (in einigen Spektren freilich sehr unsichere), die dieser Stellung sehr nahe kommen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 16. Juli 1900.)

Über eine schraubenförmige Entladung.

Von Max Toepler.

Herr E. Ruhmer hat kürzlich auf eine schraubenförmige Entladung des Induktionsfunkens aufmerksam gemacht.[1]) Schon früher hatte ich erwähnt,[2]) dass man mittels vielplattiger Toeplerscher Maschinen eine derartige gewundene Entladung erhalten kann. Im folgenden seien einige Beobachtungen über ihren Existenzbereich und ihre Eigenschaften mitgeteilt.

In freier Luft kann man bei positiver Entladung (zwischen einer Metallspitze als Anode und einer Halbleiterplatte als Kathode) für 1 bis 4 cm Schlagweite bei allmählicher Stromvermehrung häufig das successive Auftreten folgender Entladungsformen beobachten:

Dauerglimmen, Stossbüschel resp. halbe Funken, zischenden positiven Büschel mit schraubenförmig gewundenem Stiele, geräuschlosen Dauerbüschel mit geradem Stiele u. s. w. . . Meist kommt es freilich nicht zur Ausbildung der schraubenförmigen Entladung; überhaupt ist ihre Existenz von Zufalligkeiten sehr abhängig. Die Ganghöhe der Leuchtschraube betrug meist 0,2 cm, ihr Durchmesser etwa 0,1 cm.

Auch in gasverdünnten Räumen tritt bei dem gleichen Übergange schraubenförmige Entladung auf und bildet hier infolge ihrer grösseren räumlichen Ausdehnung eine auffallende Lichterscheinung.

Die benutzten Geisslerrohre besassen folgende Dimensionen:

		I	II	III	IV	V	VI	VII
Durchmesser	in cm	15	4,3	4,1	4,0	3,9	2,5	2,1
Elektrodenabstand	„ „	51	201	85	74	139	90	61

Als Elektroden dienten in Rohr VII zwei Metallscheiben, sonst stumpfe Spitzen. Die Luftverdünnung besorgte eine gewöhnliche Wasserstrahlpumpe.

Soweit ich beobachten konnte, ist bei Drucken unter 5 cm in engen Rohren positive Büschelentladung bei kontinuierlicher Stromzufuhr zu den Elektroden überhaupt nicht mehr existenzfähig. Es fehlt demnach auch die schraubenförmige Entladungsform. Dies ändert sich jedoch, sobald man durch Vorschalten einer Funkenstrecke (am besten beiderseits der Röhre) die Stromzufuhr zu einer disrupten macht.[1])

Wie bei Atmosphärendruck erscheint durch Vorschaltung von Funkenstrecken für schwachen Strom Streifenentladung[2]) an Stelle des Glimmens; die Elektroden sind umhüllt von zahllosen, angenähert normal zur Elektrodenoberfläche verlaufenden Lichtfäden. Trifft ein Lichtfaden der Streifenentladung in seinem angenähert geradlinigen Verlaufe die Glaswand, so biegt er an ihr scharf um und läuft weiterhin in unregelmässig gekrümmter, oft ihre Lage spontan ändernder Bahn an der Innenseite des Glasrohres entlang. Die Folge dieses Verhaltens ist, dass die Rohrwand innen von einem Netze von Leuchtfäden überzogen erscheint. Wie man sich leicht durch den Einfluss dem Rohre genäherter Leiter überzeugt, ist die Aufgabe der an der Glaswand entlang laufenden Lichtbänder hauptsächlich die, die Rohrwand bei jedem Stromstosse zu laden; die Lage der Leuchtfäden ist gegen elektrostatische Einflüsse von aussen sehr empfindlich. Bemerkt sei, dass auch in Glasrohren bei symmetrischer Elektrodenanordnung positive Streifenentladung räumlich überwiegt.

Verstärkt man den Strom, so ziehen sich allmählich die zahlreichen Lichtfäden zu einem einzigen Lichtbande zusammen. Dieses windet sich in einer Schraubenlinie an der Rohrwand entlang. Bei weiter vermehrtem Strome löst es sich von der Rohrwand mehr und mehr ab, wird immer gestreckter und bildet schliesslich einen nahezu in der Rohrachse verlaufenden, die Elektroden fast geradlinig verbindenden Lichtstreifen. Dieser entspricht dem Stiele des positiven Dauerbüschels bei Atmosphärendruck; wie letzterer zeigt der Lichtstreif an der Anode karminrote, weiterhin blaue Färbung. Zur Ausbildung einer Büschelkrone kommt es in den ja relativ engen Rohren nicht.

Unter Berücksichtigung des Gesagten kann man leicht in den verschiedensten Rohren die schraubenförmige Entladung erhalten.

Am vollkommensten bildete sich die schraubenförmige Entladung in den Rohren III, IV und VI aus. Ich beobachtete hier bei konstantem Drucke und konstanter (mittlerer) Stromstärke folgendes:

Die Ganghöhe der Leuchtschraube ist sehr veränderlich; z. B. betrug sie in dem 4 cm weiten Rohre meist zwischen 5 und 20 cm.

1) Diese Zeitschrift S. 407.

2) Abh. der naturw. Ges. Isis, Dresden, **8**, Fig 9 u. 17., 1898.

1) Bildet sich jedoch in dem vorgeschalteten Schlagraume kein Funkenstrom, sondern irgend eine nahe kontinuierliche Entladungsform (z. B. Büschellichtbogen), so wirkt dies wie eine metallische Überbrückung des Schlagraumes.

2) Vgl. Ann. d. Physik **2**, 596, 1900.

Auch der Windungssinn wechselt häufig ohne sichtbare Veranlassung. Man kann aber auch meist den Windungssinn willkürlich ändern, indem man z. B. im Falle rechts gewundener Schraube von der Anode aus mit der Hand um das Rohr herum eine Linksschraube beschreibt.

Sowohl die links wie die rechtsgewundene Leuchtschraube dreht sich und zwar in der Regel derart, dass sich jedes Bahnelement langsam von der Anode nach der Kathode zu verschiebt (die rechtsgewundene Schraube dreht also meist links, und umgekehrt — von der Anode ausgesehen). Die Drehgeschwindigkeit ist sehr variabel. Durch elektrostatische Beeinflussung kann man die Drehung vollständig aufheben.

Einen wesentlichen Einfluss der Rohrstellung, ob vertikal (Anode oben oder unten) oder horizontal auf Ganghöhe, Windungssinn u. s. w. war nicht zu bemerken. Es ist also auch die Richtung des erdmagnetischen Feldes im Rohre ohne Einfluss. Ebenso war das Annähern, weiter auch das Umlegen eines langen zum Rohre normal- oder parallelliegenden Stabmagneten ganz wirkungslos; erst wenn das Umlegen in weniger als 20 cm Abstand vom Rohre erfolgte, bemerkte man (aber auch nur während der Operation des Umlegens) eine vorübergehende Störung, welche also elektrischen und nicht magnetischen Einflüssen zuzuschreiben war.

Ganghöhe, Windungssinn, Drehsinn u. s. w. der in Rede stehenden schraubenförmigen Entladung sind also gegen elektrische Einflüsse äusserst empfindlich, gegen magnetische nicht. Die häufigen spontanen Änderungen des Wertes der genannten Grössen ermutigen nicht zu eingehenden Untersuchungen.

Dresden, den 28. Juli 1900.

(Eingegangen 31. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.[1])

Von H. A. Lorentz.

Wenn ich in dieser Stunde Ihr wohlwollendes Interesse auf einige Probleme der heutigen Physik lenke, so bietet sich mir eine grosse Auswahl dar. Zahlreich sind ja die Wege, auf welchen wir versuchen, die Naturerscheinungen unserem Geiste näher zu bringen; einige sind sicher und führen geradenwegs auf das Ziel hin; andere schlängeln sich um unüberwindliche Schwierigkeiten oder sind nur auf kurze Strecken durch kühne Bahnbrecher angelegt. Individuelle Eigenschaften und Neigungen bestimmen für jeden Forscher die Wahl; der eine wird mit Vorliebe das Gebiet unserer Kenntnisse durch neue Entdeckungen erweitern, der andere lieber das bereits gewonnene Terrain bearbeiten und ebnen.

Für alle ist das Gesetz der Erhaltung der Energie ein Führer, von dessen Anweisungen sie nicht leicht abweichen werden. Wer seine Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gelernt hat, ist mit diesem Prinzip so verwachsen, dass es allem seinem wissenschaftlichen Denken von Beginn ab sein Gepräge aufgedrückt hat. Wir betrachten es jetzt als sehr natürlich, dass eine Grösse, wie der Arbeitsvorrat oder die Energie existiert, die für das ganze Weltall oder für ein in sich abgeschlossenes System von Körpern berechnet fortdauernd denselben Wert behält, wenn auch ihre Verteilung über die einzelnen Körper und der Betrag ihrer Teile, die von dem Orte, der Bewegung und dem Zustande der Körper abhängen, von Augenblick zu Augenblick sich verändern können. Dass die Energie der Sonnenstrahlen in andere Formen übergeht — wie die gebräuchliche Bildersprache lautet —, wenn das Wasser verdampft und nach den Bergspitzen übergeführt wird, wenn Winde entstehen oder die grünen Pflanzenteile den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Atmosphäre in neue Verbindungen festlegen, mit solchen Ideen sind wir vollkommen vertraut. Und legt uns jemand, was hin und wieder nochmal vorkommt, einen Plan für ein Perpetuum mobile vor, dann getrauen wir uns, denselben sofort, selbst bevor wir von dessen Eigenart Kenntnis genommen haben, für ein Hirngespinst zu erklären. Wir werden es für unsere Pflicht halten, dem Erfinder seine Illusionen zu nehmen, selbst wenn es uns schwierig sein mag, ihm genau und überzeugend den Fehler in seinem Gedankengange nachzuweisen. Sollte uns dies ganz und gar nicht gelingen, dann werden wir das unserer mangelhaften Einsicht zuschreiben; so sehr haben wir uns daran gewöhnt, das allgemeine Prinzip,

1) Rektoratsrede, gehalten zur Feier des 325. Jahrestages der Universität Leyden am 8. Februar 1900.

dass eine Maschine auf die Dauer keine Arbeit verrichten kann, wenn nicht von aussen Energie zugeführt wird, höher zu stellen, als unsere Kenntnis der besonderen Wirkungen der Naturkräfte.

Ein zweiter allgemeiner Satz ergänzt in der glücklichsten Weise das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Die Untersuchungen, welche die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile erwiesen, führten zugleich zu der Erkenntnis, dass die Natur in der Wärme des Seewassers, der Luft und des Bodens einen unermesslichen Vorrat von Energie aufgespeichert hat, einen Vorrat, von dem wir uns einen Begriff bilden können, wenn wir erwägen, dass das Arbeitsvermögen, welches eine Wassermasse beim Sinken der Temperatur um 0,1° C. verliert, beinahe ebenso gross ist, als die Energie, welche dieselbe Wassermasse haben würde, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von 30 m pro Sekunde strömte. Es ist daher nicht wunderbar, dass die Frage angeregt wurde, ob wir diese Schätze nicht ebenso gut, wie die Energie des Windes oder eines Wasserfalles uns dienstbar machen könnten. Das Gesetz der Erhaltung der Energie würde, wenn uns dies gelänge, unangetastet bleiben; es ist diesmal der sogenannte zweite Hauptsatz der Thermodynamik, der uns hier eine Grenze steckt. Er lehrt, dass wir nur unter ganz bestimmten Bedingungen Wärme als bewegende Kraft benutzen können, z. B. wenn wir Körper von verschiedener Temperatur, wie den Feuerherd und das Kühlwasser bei einer Dampfmaschine zu unserer Verfügung haben. Dann kann ein bestimmter Bruchteil, und niemals mehr als dieser Bruchteil, der Wärme, die dem Körper mit der höchsten Temperatur entzogen wird, zum Verrichten von mechanischer Arbeit benutzt werden.

Es giebt kein anderes Gesetz in der Physik, das sich in so verschiedene Formen giessen und das sich so vielseitig anwenden lässt, als dies thermodynamische. Die einfache Form, unter der Clausius dasselbe aussprach: „die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen", ist beinahe nicht mehr zu erkennen in dem Kleide von verwickelten mathematischen Formeln, die für einige Zwecke nötig geworden sind. Indes in der einen oder anderen Gestalt beherrscht das Gesetz ausgedehnte Kapitel der theoretischen Physik. Es verschafft uns eine Einsicht in die Bedingungen, unter welchen die eine Form der Energie in die andere übergeführt werden kann und giebt uns im allgemeinen die Richtung an, in welcher die Naturerscheinungen vor sich gehen. In der jungen Wissenschaft der physikalischen Chemie spielt es eine Hauptrolle; es ist der Leitfaden, der Schreinemakers u. a. den Weg im Irrgarten verwickelter chemischer Gleichgewichte weist.

Das Operieren mit solchen allgemeinen Grundsätzen hat aber auch seine Schattenseiten. Gerade weil das Gesetz der Erhaltung der Energie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik unabhängig von dem inneren Bau der Körper sind — oder höchstens nur sehr allgemeine Voraussetzungen darüber erfordern — lernt man, wenn man sich nur dieser Gesetze bedient, über den Mechanismus der Erscheinungen nichts oder nur sehr wenig. Wohl wird man zu begehrenswerten Resultaten geführt, aber man bekommt unterwegs nicht viel zu sehen.

So z. B. wenn wir mit James Thomson aus der Thatsache, dass Wasser beim Gefrieren eine Volumänderung von 9% erfahrt, im Verein mit der Schmelzwärme von Eis den Schluss ziehen, dass der Schmelzpunkt um 0,007° C. sinken muss, wenn der Druck um 1 Atmosphäre erhöht wird. Wir finden dies experimentell bestätigt und knüpfen daran interessante Schlüsse über manche Erscheinungen, die wir im kleinen im Laboratorium und im grossen bei den Gletschern wahrnehmen. Doch die Versicherung, dass dies alles so sein muss, weil, wenn der Gefrierpunkt einmal nicht, oder nicht genau um 0,007° C. erniedrigt würde, es uns möglich sein würde, in einem System von Körpern Veränderungen hervorzurufen, die zum Schluss der Rechnung darauf hinauslaufen würden, dass Wärme aus einem kalten in einen warmen Körper übergegangen wäre, diese Erklärung kann uns nur halbwegs befriedigen.

Die Befriedigung, welche uns die allgemeinen Gesetze nicht gewähren, suchen und finden wir auch zum Teil in den besonderen Theorien über den Mechanismus der Erscheinungen; diese geben uns von dem Zusammenhang und Wesen der Dinge eine zwar mangelhafte aber doch lebendige und klare Vorstellung. Während sie uns das bereits Gefundene als notwendig erkennen lehren, helfen sie uns das noch Verborgene aufzuspüren und führen uns zu neuen Untersuchungen, ja vielleicht zu neuen Entdeckungen. Wärme ist nun nicht mehr ein Name für irgend ein unbekanntes Agens, oder für einen Ausdruck in unseren mathematischen Formeln; wir denken, sobald wir das Wort gebrauchen, an eine schnelle, ungeordnete Bewegung der unsichtbaren Moleküle der Körper. Die Eigenschaften der Gase werden Folgerungen aus den einfachsten Voraussetzungen, die wir über die Bewegung und die gegenseitige Wirkung der Moleküle machen können. Es wird uns klar, wie der durch das Gas ausgeübte Druck entsteht, warum das Gas sich bei der Erwärmung ausdehnt, wie die Mischung zweier Gase stattfindet, was wir Reibung der einen Gasschicht gegen die andere nennen. Wir folgen van der Waals und schreiben den Molekülen einige

Ausdehnung zu und die Kraft, sich in kleinen Abständen gegenseitig anzuziehen. Das Bild kann auch eine Flüssigkeit darstellen, und indem wir die Hypothesen an der Erfahrung stets prüfen, arbeiten wir das Bild weiter und weiter aus, stellen die Dimensionen näherungsweise fest, wiegen und messen die Moleküle und Atome.

Während die molekularen Theorien bemüht sind, die Schwierigkeiten, womit sie noch zu kämpfen haben, zu überwinden, lernen wir inzwischen von Lord Kelvin, dass die Elastizität und Festigkeit der Moleküle von schnellen Bewegungen herrühren könnten, wie das Fahrrad die Stabilität seiner richtigen Lage durch die Umdrehung erhält. Ja derselbe Forscher geht weiter und entwirft versuchsweise die kühne Theorie der Wirbelatome: der ganze Raum von einer einzigen inkompressiblen Flüssigkeit erfüllt; was wir Atome nennen, sind nichts anderes als Teile dieses Stoffes, welche durch eine fortwährende, drehende Bewegung sich gegen die umringende Flüssigkeit abheben. Der vorsichtige Hertz basiert ein System der Mechanik und Naturerklärung auf die Hypothese, dass alle sichtbaren Bewegungen begleitet sind von unsichtbaren, deren Art uns unbekannt ist. In diesem Systeme sind es Wirbelbewegungen, welche einen fallenden Stein zur Erde treiben, Bewegungen, die bereits bestanden, bevor der Stein losgelassen wurde, sodass wir, wenn man so will, keine neue Bewegung zu sehen bekommen, sondern nur die Fortsetzung einer schon bestehenden.

Selbstverständlich muss der Naturforscher bei solchen Spekulationen auf der Hut sein, um nicht der Spielball seiner Phantasie zu werden; unfehlbar wird er das werden, wenn er nicht an seine Theorien strenge Anforderungen stellt.

Er muss Sorge tragen, dass seine Erklärung mit den einzelnen Thatsachen der Erscheinungsgruppen, welche er dem Verständnis näher bringen will, übereinstimmt, und erst, wenn durchaus kein anderer Ausweg mehr zu finden ist, wird er es wagen, von den verallgemeinerten Erfahrungen, die im Gesetz der Erhaltung der Energie und in den Regeln der Thermodynamik ausgesprochen werden, abzuweichen. Was er aus seiner Theorie voraussagen kann, muss er soweit als möglich auf die Probe stellen. Kurz, wie Hertz es ausdrückt, wir machen uns „innere Scheinbilder" der äusseren Gegenstände, und zwar so, dass das, was sich aus diesen Bildern nach den Gesetzen unseres Denkvermögens ergiebt, dem entspricht, was ausserhalb von uns nach den Naturgesetzen geschieht.

Unser gutes Recht so zu handeln, entlehnen wir dem inneren Drange unseres Geistes, unser Vertrauen auf den Erfolg aber den bereits mit gutem Glück aufgestellten Theorien. Wir hätten solche Bilder, wie sie Hertz verlangt, gar nicht bilden können, wenn nicht zwischen unserem Geiste und der Natur eine Verwandtschaft und Übereinstimmung bestünde, die uns vor gänzlichem Irrtum bewahren muss.

Unter den Theorien der heutigen Physik giebt es eine Gruppe — man kann sie die elektromagnetischen Theorien der physikalischen Erscheinungen nennen —, die mir für die nächste Zukunft soviel zu versprechen scheinen, dass ich es für gut halte, sie etwas ausführlicher zu besprechen.

Als Ausgangspunkt hierzu möge die gegenwärtige Auffassung der Lichterscheinungen dienen, die wir, was die theoretische Ausarbeitung betrifft, James Clerk Maxwell, und was die experimentelle Bestätigung der Grundlagen anbelangt, Heinrich Hertz zu verdanken haben, beides Männern von seltenen Geistesgaben, die leider zu früh, der eine im 49., der andere im 37. Lebensjahr der Wissenschaft entrissen wurden.

Die fundamentalen Begriffe, welche Maxwell zu seiner Entdeckung der Natur der Lichtschwingungen benutzte, fand dieser Forscher bei seinem grossen Vorgänger Faraday.

Ebenso wie dieser sah er in der Wirkung zweier elektrisierter Körper oder zweier Magnete auf einander etwas anderes, als die der weiteren Forschung sich fast gänzlich entziehende Fernewirkung der alten Theorien. Es müsse, so meinte er, in dem ringsum und zwischen den auf einander wirkenden Körpern befindlichen Stoff eine gewisse Veränderung stattgefunden haben; durch eine Modifikation seines natürlichen Zustandes müsse jener Stoff, das Medium, die Ursache jedes Einflusses geworden sein, den der eine Körper auf den anderen ausubt. Dieser Vorgang müsse dem Fortziehen eines Gegenstandes durch den anderen unter Vermittelung einer zwischen beiden gespannten Schnur, oder der Übertragung der durch die Luft fortgepflanzten Schwingungen einer Stimmgabel auf die andere einigermassen ähnlich sein. Wir wollen annehmen, dass das Zwischenmedium bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen der Weltäther sei, der nicht nur im Himmelsraume zwischen den Atmosphären der Sterne anwesend ist, sondern auch alle Räume zwischen den Atomen des gewöhnlichen oder wägbaren Stoffes ausfüllt, ja vielleicht die Atome selbst durchdringt.

Die Veränderungen, welche in diesem Äther vor sich gehen können, sind nun von zweierlei Art. Rings um einen elektrisierten Körper befindet sich der Äther in einem Zustande, infolgedessen er auf ein Körperchen mit einer elektrischen Ladung eine Kraft von bestimmter

Richtung und Grösse ausübt; in der Nähe eines gewöhnlichen Magnetstabes besteht ein Zustand, der auf analoge Weise die Kraft bestimmt, die auf einen Magnetpol ausgeübt wird. Man kann diese Zustände, indem man den Namen einer Wirkung auf die Ursache derselben anwendet, durch die Ausdrücke „elektrische Kraft" und „magnetische Kraft" bezeichnen.

Zuweilen haben wir es nur mit einer von beiden zu thun, so wenn im ersten Beispiel die Grösse der elektrischen Ladung, im zweiten die Magnetisation fortdauernd dieselbe ist. In vielen Fällen bestehen die beiden Zustände zu gleicher Zeit, aber dann existiert auch zwischen beiden ein bestimmter Zusammenhang, welche man aus den wahrgenommenen Erscheinungen hat ableiten können. Die Gleichungen, in denen Maxwell denselben ausdrückte, lehrten ihm, dass das Entstehen oder Vergehen und im allgemeinen jede Veränderung der elektrischen oder magnetischen Kraft in irgend einem Punkt des Äthers sich überall im umgebenden Raum fühlbar machen wird, jedoch nicht augenblicklich, sondern um so später, je mehr man sich vom Ausgangspunkt entfernt. Die elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen pflanzen sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit fort, die aus Messungen über elektrische und magnetische Erscheinungen abgeleitet werden kann; sie beträgt 300 Millionen Meter pro Sekunde.

So wird, wenn ein leitender Gegenstand erst auf der einen Seite eine positive und auf der anderen eine negative Ladung hat, und diese sich dann plötzlich ausgleichen, eine elektromagnetische Welle sich nach allen Richtungen hin ausbreiten, einigermassen so, wie die durch einen in Wasser geworfenen Stein hervorgerufenen Wasserwellen sich fortpflanzen. Fliesst die Elektrizität anhaltend in dem Körper hin und her, dann entstehen in dem umgebenden Äther elektrische und magnetische Schwingungen, ebenso wie über eine Wasserfläche eine Reihe von Wellenbergen und -Thälern hintereinander fortlaufen können. In jedem Punkt wechselt sowohl die elektrische als auch die magnetische Kraft unaufhörlich ihre Richtung; beide stehen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung.

Nachdem dies alles entdeckt, fiel eine merkwürdige Übereinstimmung mit den Lichterscheinungen ins Auge. Dass sich bei diesen eine schwingende Bewegung fortpflanzt, wusste man schon lange; ebenso, dass die Richtung der Schwingungen senkrecht zum Lichtstrahl steht. Und, was vor allen Dingen auffallen musste, die Geschwindigkeit des Lichts, wie sie zuerst aus astronomischen Beobachtungen und später auch durch Versuche auf der Erde gefunden wurde, ist 300 Millionen Meter pro Sekunde, gerade ebensogross als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen und magnetischen Kraft.

(Fortsetzung folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

André Broca, Die Umwandlungen der Energie im Organismus. 28 Seiten.

Der erste Abschnitt dieses Berichts „Thermodynamik" beschäftigt sich im wesentlichen mit der alten Streitfrage, ob im Muskel chemische Energie erst in Wärme und diese in mechanische Arbeit, oder vielmehr direkt in mechanische Arbeit verwandelt werde: Verfasser entscheidet sich mit Fick u. a., gegen Engelmann für das letztere. In der historisch-kritischen Darstellung fällt das Gewicht auf, welches er den an und für sich ja sehr anerkennenswerten, aber vollständig überlebten Bemühungen eines Hirn beimisst, sowie den neueren Arbeiten von Chauveau über die Muskelmechanik, welche uns Deutschen wenigstens auch nicht das geringste Neue gebracht haben. Verfasser kommt auf Versuche zurück, in welchen er mit Richet Abkühlung statt Erwärmung der gereizt sich kontrahierenden Muskeln eines warmblütigen Tieres dann beobachtet haben will, wenn dieses im Erstickungs- resp. Verblutungszustande sich befindet. Referent muss hier bemerken, dass alle derartigen Fälle von „negativer Wärmeschwankung", deren Vorgeschichte ja auch Verfasser kurz wiedergiebt, sich bisher auf Fehlerquellen haben zurückführen lassen; Referent besitzt hierüber auch eigene, nicht veröffentlichte Erfahrungen, welche sogar etwas dem vorliegenden Falle sehr nahestehendes betreffen. Nun, Verfasser sucht auf Grund der Konstruktion eines galvanischen Elementes, welches mehr elektrische Energie abgiebt, als chemische in ihm verbraucht wird (daher also sich abkühlen muss), zu zeigen, dass die „Abkühlung des thätigen Muskels" doch mit der direkten Umwandlung der chemischen Energie in mechanische vereinbar sei.

In dem zweiten Abschnitt „über organische Schwingungserscheinungen" redet Verfasser zwar von dem Muskelgeräusch als einer solchen, während er die Reizwelle, resp. Negativitäts-

und Kontraktionswelle am Nerven, resp. Muskel kaum flüchtig berührt. Dafür geht er auf eine jeder einzelnen Erregung folgenden Periode der Unerregbarkeit — beim Herzmuskel als sogenannte „Refraktärperiode" durch Marey entdeckt und lange bekannt — ausführlich ein, welche Richet und er an dem Gehirne von an Krämpfen leidenden oder mit Chloralose vergifteten Tieren entdeckt haben, deren Dauer von der Temperatur abhängig ist, und deren Bedeutung für die Dauer der einfachsten psychischen Prozesse und Innervationen u. s. w. bereits an anderer Stelle erörtert worden ist.

Etwas ähnliches soll mit einer uns sehr bedenklich erscheinenden Methode Charpentier an der Nervenfaser gefunden haben: viel eleganter ist, wie Referent hier bemerken muss, diese „Refraktärperiode" der Nervenfaser neuerlich durch Gotch und Burch direkt am Aktionsstrom gezeigt worden, und Referent selbst hat in einer im Druck befindlichen Arbeit für diese Erscheinung eine höchst einfache Erklärung gefunden. Verfasser allerdings glaubt, unter weiterer Heranziehung der Netzhautoscillationen von Charpentier (siehe das Referat S. 488 dieser Zeitschrift) mit Richet annehmen zu dürfen, dass bei den organischen Schwingungen vollkommene Dämpfung bei Erreichung der Nulllinie stattfinde durch einen Gegenprozess, analog der üblichen Signalisierungstechnik durch ein langes submarines Kabel nach Sir W. Thomson. Auf Wiedergabe der mathematischen Darlegungen glaubt Referent hier verzichten zu können; die Absicht des Verfassers, zu zeigen, dass die Anwendbarkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie auf physiologische Vorgänge sich durch Einfuhrung allgemeiner physikalischer Prinzipien ohne Eingehen auf das Quantitative und sonstige Details beweisen lasse, hätte nach Ansicht des Referenten sich immerhin noch besser verwirklichen lassen, als in der vorliegenden rein spekulativen Weise.

H. Boruttau.

(Eingegangen 20. Juli 1900.)

C. Barus, Die Fortschritte der Pyrometrie.

Vorbemerkung. — Die messenden physikalischen Untersuchungen, in denen die Temperatur eine Rolle spielt, wurden bis jetzt in der Mehrzahl auf das Temperaturgebiet ausgedehnt, das beherrscht wird von dem Quecksilberthermometer, nämlich von wenig Graden unter Null bis etwa 400° darüber. Messend zu erforschen bleibt noch das relativ kleine Gebiet vom Eispunkt bis zum absoluten Nullpunkte und das grosse Gebiet der hohen Temperaturen. Als obere Grenze der Temperatur, die wir mit unseren Hilfsmitteln erreichen können, dürfen wir die Temperatur des elektrischen Lichtbogens betrachten, nämlich ungefähr 4000°. Die Messung der Temperaturen zwischen 400° und 4000° ist Aufgabe der Pyrometrie.

Die Wissenschaft und die Technik haben ein gleich grosses Interesse an einer zuverlässigen und bequemen Messung hoher Temperaturen. Jene kann mit entsprechenden Pyrometern ihr Gebiet genauer erforschen und vielleicht auch erweitern, diese darf von solchen Instrumenten eine Verbesserung oder Bereicherung ihrer Arbeitsmethoden erwarten.

In den letzten Jahren hat nun die Pyrometrie bedeutende Fortschritte gemacht. Ein Bericht hierüber muss in Anbetracht der Wichtigkeit der Sache dankenswert sein. Zu bemerken ist, dass C. Barus sich um die Pyrometrie, insbesondere durch das Studium des Luftthermometers bedeutende Verdienste erworben hat.

C. Barus teilt in seinem Bericht die pyrometrischen Methoden in thermische, optische und elektrische; von einem Referat über die Strahlungsmethode sieht er ab wegen Berichterstattung hierüber von anderer Seite. Er giebt kurz das Prinzip und die Geschichte einer jeden Methode; verhältnismässig sehr ausführlich bespricht er das Luftthermometer, insbesondere die bei diesem in Betracht kommenden Fehlerquellen. Man vermisst indess eine genauere Beschreibung der zwei Pyrometer, die sich bereits am weitesten vervollkommnet haben, nämlich des Platiniridium-Stickstoff-Thermometers und des Platin-Platinrhodium-Thermoelementes. Dankenswert ist der reichhaltige Litteraturnachweis.

Thermische Methoden.

Ausdehnung fester und flüssiger Körper. — Die hierauf gegründeten Methoden haben in der Hauptsache nur mehr historische Bedeutung. Zu erwähnen ist von ihnen vielleicht das Quarz-Zinn-Thermometer von M. Dufour, das eine Nachbildung des gewöhnlichen Glas-Quecksilber-Thermometers ist.

Schmelzpunkt. — Durch Bestimmung von Schmelzpunkten ist von mehreren Beobachtern eine kleine Skala hoher Temperaturen gegeben worden. In der Technik wird von dieser Methode mit den sogenannten Seegerkegeln Anwendung gemacht. Diese kleinen spitzen Kegel bestehen aus einer passenden Mischung von Quarz, Kalk und Feldspat; ihr Zusammenschmelzen kündet das Eintreten gewisser Temperaturen an.

Siedepunkt. — Die Siedepunkte von Zink,

Kadmium, Selen, Schwefel und Quecksilber können als feste Temperaturmarken benutzt werden.

Spezifische Wärme. — Man lässt einen Metallkörper die zu ermittelnde Temperatur annehmen, bestimmt dann kalorimetrisch seine Wärmemenge und berechnet hieraus und aus seiner spezifischen Wärme seine Temperatur. Diese Methode ist offenbar unbequem und wegen der Variation der spezifischen Wärme unsicher, sie wird indessen in manchen technischen Laboratorien noch angewendet.

Luftthermometer. — Das Luftthermometer und zwar sowohl bei konstantem Druck wie konstantem Volumen wurde von einer Reihe von Forschern auch zur Bestimmung hoher Temperaturen angewendet. In früherer Zeit, ja noch in den letzten Jahren wurde als Behälter für die Luft eine hohle Porzellankugel mit einem Ansatzrohr aus dem gleichen Stoff benutzt. Von der Anwendung einer Kugel aus Platin sah man ab, weil dieses Metall in erhitztem Zustand für die Luft durchlässig ist. Indes wurde in neuerer Zeit nachgewiesen, dass Platin bezw. Platiniridium für Stickstoff undurchlässig ist; dazu zeigte sich das Porzellanthermometer wegen seiner Materialfehler als wenig zuverlässig. Aus diesen Gründen wendeten Holborn und Day in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt einen Platiniridiumbehälter mit Stickstofffüllung an. Und dieses Luftthermometer der Reichsanstalt liefert nun bis 1200^0 zuverlässige Werte und kann zur Aichung anderer Pyrometer dienen.

Innere Reibung von Gasen. — Die Temperatur ändert die innere Reibung von Gasen und den Querschnitt einer von Gas durchströmten Kapillare. Aus dieser Beziehung lässt sich die Temperatur ermitteln (Barus, Callendar).

Methode der Drucklibelle. — Von zwei kommunizierenden Röhren wird die eine erhitzt, die andere auf gewöhnlicher Temperatur gehalten. Aus der Verschiebung eines Flüssigkeitsfadens (Drucklibelle), auf deren Enden das erhitzte und nicht erhitzte Gas lasten, wird die Dichte des Gases in dem erhitzten Rohr bestimmt und daraus dessen Temperatur berechnet. (A. Töpler.)

Optische Methoden.

Interferenzmethode. — Von zwei interferenzfähigen Lichtstrahlen durchläuft der eine eine Gassäule von der zu bestimmenden Temperatur, der andere eine Säule verdünnten Gases von gewöhnlicher Temperatur. Aus der Verschiebung der durch Interferenz auftretenden Streifen lässt sich die hohe Temperatur unter einer gewissen Annahme berechnen. (D. Berthelot.)

Polarisation und Doppelbrechung. — Es sind Versuche angestellt worden, aus der thermischen Änderung der Doppelbrechung im Quarz u. s. w. oder der Drehung der Polarisationsebene hohe Temperaturen zu bestimmen.

Elektrische Methoden.

Elektrischer Widerstand. — Da der Widerstand der Leiter eine Funktion der Temperatur ist, so lässt sich aus ihm diese berechnen. Diese pyrometrische Methode ist leicht anwendbar und empfindlich, arbeitet aber nur unterhalb der Rotglut zuverlässig und bedarf auch einer öfteren Kontrolle. Sie wurde von Siemens in die Technik eingeführt und empfiehlt sich auch für das wissenschaftliche Laboratorium.

Thermoelektrizität. — Als Metalle eines Thermoelementes werden für pyrometrische Zwecke Platin und Platinrhodium oder Platiniridium gewählt. Die elektromotorische Kraft wird mit einem empfindlichen Spulengalvanometer bestimmt.

Über das thermoelektrische Pyrometer äussert sich Barus in folgenden Worten. „Der erhitzte Teil der thermoelektrischen Säule besitzt beschränkte Dimensionen; die Angaben der Säule sind unabhängig von den mittleren Temperaturen zwischen den Lötstellen; das Instrument kennt darum die Schwierigkeiten nicht, welche für die anderen durch die Frage der Endstellen bedingt wird; es gestattet sehr hohe Temperaturen zu messen; seine mit einem Normal-Clark-Element verglichenen Konstanten ändern sich nicht mit der Zeit; seine Angaben sind unabhängig von den Dimensionen der Zuleitungsdrähte; sie sind augenblicklich; die beschädigten Elemente können leicht wieder in Stand gesetzt werden.“[1])

Schlussbemerkung.

Es liegt auf der Hand, dass die im vorstehenden aufgezählten pyrometrischen Methoden weder hinsichtlich ihrer Genauigkeit noch ihrer Bequemlichkeit gleichwertig sind. Barus hebt in seinem Schlusswort hervor das Luftthermometer der Reichsanstalt, die in England studierte Methode der inneren Reibung, die in Frankreich von D. Berthelot vertretene Interferenzmethode.

Sofern es sich um die thatsächlichen Erfolge in der Pyrometrie, nicht um die historischen wissenschaftlichen Verdienste handelt, kann ich mich dieser Auffassung über den gegenwärtigen Stand der Pyrometrie nicht anschliessen.

1) Keiser & Schmidt in Berlin stellen zusammen mit Heräus in Hanau thermoelektrische Pyrometer her, diese werden in der Reichsanstalt geaicht und geben bei direkter Zeigerablesung die Temperatur zwischen 0^0 und 1500^0 auf 10^0 genau an. Durch besondere Vorrichtungen kann eine Genauigkeit bis auf 1^0 erreicht werden.

Um diesen scharf zu charakterisieren, hat man erstens zu fragen: Besitzen wir ein Instrument, dessen Angaben zuverlässig sind und das als Normalinstrument zur Aichung anderer Pyrometer betrachtet werden kann? Antwort: Bis jetzt lediglich das Platin-Stickstoffthermometer der Reichsanstalt. Zweitens ist zu fragen, ob wir Pyrometer besitzen, die, wenn einmal geaicht, für den Gebrauch zuverlässig und handlich sind. Antwort: Das thermoelektrische und das Widerstandspyrometer.

Den Gelehrten der Reichsanstalt ist es nicht bloss zu danken, dass sie (Holborn, Wien, Day) der Pyrometrie einen sicheren Boden gegeben haben; ihnen ist auch das Verdienst zuzuerkennen, dass sie (Lummer, Pringsheim) eine zuverlässige Methode ausgearbeitet haben, die da einsetzt, wo die oben angegebenen Methoden unsicher werden oder überhaupt versagen, nämlich die Strahlungsmethode, welche Temperaturen von der Rotglut bis weit über 4000^0 zu bestimmen gestattet. J. Stark.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

R. Blondlot und C. Gutton, Die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen. 16 Seiten.

Blondlot hat an dem Gegenstande des vorliegenden Berichtes einen wichtigen Anteil, und man durfte aus seiner Feder eine wertvolle Übersicht über das Material erwarten. Der Bericht wird dieser Erwartung nicht durchaus gerecht, denn es fehlt fast ganz die kritische Sichtung. Nur durch eine solche wird ein Bericht dieser Art zu einer wissenschaftlichen That, indem er auf die Mängel und Bedenklichkeiten der bisherigen Arbeiten den Finger legt und mit Bestimmtheit zeigt, was zu thun noch übrig bleibt. —

Die Übersicht selbst ist klar und ziemlich vollständig. Da nur die Methoden ausführlicher behandelt werden, deren Resultate vor der theoretischen und experimentellen Kritik Stand gehalten haben, so werden Hertz (1888) und Lecher (1890) nur als historische Faktoren in Rechnung gesetzt. Bei Hertz ist bekanntlich der Endwert durch den Fehler der Kapazitätsrechnung seines Erregers entstellt, und Lechers Messungen sind von Cohn und Heerwagen theoretisch nicht einwandsfrei gefunden worden.

Der erste zuverlässige Wert ist von Blondlot (1891) gemessen. Nach Sarasin und de la Rive zeigt ein Hertzscher Resonator, mit dessen Hülfe man das Feld eines Lecherschen Drahtsystemes analysiert, durch die gefundenen Knoten und Bäuche die Wellenlänge λ seiner Eigenschwingung an. Aus der Beziehung $\lambda = vT$ ergiebt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v, sobald die Schwingungszeit T bekannt ist. T wurde nach der Formel

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

berechnet, wobei die Kapazität C (Plattenkondensator) nach der Maxwellschen Methode gemessen, L nach einer Formel von Mascart berechnet wurde. Die Knoten und Bäuche im Lecherschen Felde wurden durch die Resonatorfünkchen ermittelt.

In einer zweiten Versuchsreihe machte sich Blondlot (1893) von jeder Theorie unabhängig durch folgende Anordnung: zwei Leydener Flaschen, jede mit zwei getrennten äusseren Belegen, werden entgegengesetzt geladen. Die äusseren Belegungen sind paarweise durch feuchte Schnüre in Verbindung gesetzt. Das eine Paar dieser Belegungen ist ausserdem durch einen kurzen in einer Funkenstrecke F unterbrochenen Draht verbunden, das andere Paar durch je 500 m lange, an dieselbe Funkenstrecke F angeschlossene Drähte. Werden die inneren Belegungen miteinander verbunden, so gleichen sich auch die Ladungen der äusseren Belegungen durch die Funkenstrecke F aus, und zwar wird zuerst das erste Paar einen Funken liefern, später, nach dem Durchlaufen der langen Verbindungsdrähte, das zweite. Diese beiden Funken werden auf einer mit bekannter Geschwindigkeit bewegten photographischen Platte aufgenommen, und so die Zeit t ermittelt, welche der elektromagnetische Impuls zum Durchlaufen des 1000 m langen Drahtes braucht.

Im Jahre 1895 haben Trowbridge und Duane nach einer der ersten Blondlotschen (Lecherschen) Methode ähnlichen von v den Wert bestimmt. Sie massen ähnlich wie Blondlot die Wellenlänge λ eines Resonators von grossen Dimensionen, dessen Schwingungszeit T direkt durch die photographische Zerlegung seiner Funkenentladung gemessen wurde. Dann ergab sich v aus $\lambda = vT$.

Dass die Intensität der elektrischen Wellen auf ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit keinen Einfluss ausübt, zeigte u. A. Ebert (1895) durch Messungen innerhalb weiter Grenzen.

Clarence A. Saunders (1897) mass die Geschwindigkeit elektrischer Wellen in prinzipiell ganz analoger Weise, wie Trowbridge und Duane, durch Messung einer zusammengehörigen Wellenlänge und Periode. Die Versuchsanordnung war wenig verschieden von der von Trowbridge und Duane, die Periode wurde auch hier durch Photographie mittelst des rotierenden Spiegels bestimmt.

Mac Lean (1899) mass die Knoten stehender Wellen in Luft, die er durch Reflexion

vor einem Planspiegel erhielt, mit Hülfe eines Resonators bestimmter Dimensionen, der eine Kohärereinrichtung besass. Die Periode wurde durch Photographie der Funken eines in bestimmten Verhältnissen vergrösserten Resonators mittelst rotierenden Spiegels gefunden.

Folgende mittleren Werte der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen wurden nach den obigen Versuchen gemessen:

Blondlot (1891)	302 200 km/sec.
Blondlot (1893)	296 400 " 298 000 "
Trowbridge und Duane (1895)	300 300 "
Clarence A. Saunders (1897)	298 200 " 299 700 "
Mac Lean (1899)	299 110 "

H. Th. Simon.

(Eingegangen 27. Juli 1900.)

E. Branly, Die Radiokonduktoren. 16 Seiten.

Pulverisierte Metalle bieten dem elektrischen Strome einen grossen Widerstand dar, welcher, wie Branly (1890) zeigte, durch verschiedene elektrische Einflüsse, insbesondere die Einwirkung benachbarter elektrischer Funken, bedeutend herabgesetzt wird. Der vorliegende Bericht soll eine Übersicht über die Untersuchungen geben, welche seitdem an solchen „Radiokonduktoren" gemacht sind.

Der überwiegende Anteil, den Branly selbst an diesen Untersuchungen genommen hat, sichert dem Namen dieses Forschers von vornherein den Löwenanteil dieses Berichtes. Doch hätte derselbe auf einem internationalen Physikerkongresse auch den Arbeiten anderer Physiker mehr gerecht werden müssen, als es geschehen ist. In Wahrheit haben wir hier im wesentlichen eine Zusammenstellung der Arbeiten Branlys seit 1890 über den Gegenstand, zum grossen Teile in Ausschnitten aus seinen bezüglichen Abhandlungen.

Als solche, nicht als Bericht über die Gesamtlitteratur, ist der Bericht wertvoll und interessant. Er ist wohlgesichtet und übersichtlich geordnet.

I. Die Grundthatsache ist oben dargestellt; eine mit Metallfeilicht gefüllte Röhre spielt demnach die Rolle eines Stromunterbrechers, den man aus der Entfernung (durch elektrische Wellen) in Thätigkeit setzen kann.

II. Die verschiedenartigsten leitenden Substanzen zeigen im pulverisierten Zustande radiokonduktive Eigenschaften; sie werden hier ausführlich aufgezählt.

III. Der Durchgang eines hochgespannten Stromes, sei er kontinuierlich oder induziert, bringt in einer Feilichtsäule die Verminderung des Widerstandes hervor. Die Fernewirkung der elektrischen Funken ist also nur ein Spezialfall dieses allgemeinen Verhaltens. Die Versuche zeigen (Anlegen einer hohen Spannung unter Zwischenschaltung eines sehr grossen Widerstandes), dass die Spannung und nicht die Stromstärke die Widerstandsverminderung auslöst. Daher lösen wegen ihrer starken Induktionswirkungen die Hertzschen und Righischen Erreger so empfindliche radiokonduktive Wirkungen aus.

IV. Diese Wirkung reicht über 150 m weit. Mit besonderen Anordnungen hat Marconi dieselbe zur Ferntelegraphie ohne fortlaufenden Draht auf viele Kilometer übertragen. Doch soll von diesen praktischen Verwendungen in diesem Berichte nicht die Rede sein.

V. Die Wirkung geht durch nichtmetallische Substanzen fast ungeschwächt hindurch. Metalle schirmen sie aber schon in sehr dünner Schicht, sobald man den ganzen Empfängerapparat vollständig damit umschliesst.

VI. Die Leitfähigkeit bleibt nach der „Bestrahlung" bestehen und verschwindet erst ganz allmählich. Gewisse physikalische Umstände, z. B. Erschütterung, Erwärmung u. s. w., stellen den ursprünglichen Widerstand wieder her.

VII. Über die beste radiokonduktive Metallfeilichtröhre liegen mancherlei Untersuchungen vor, aus denen allgemein Hervorspringendes nicht anzuführen ist.

VIII. Ähnlich steht es mit der besten konstruktiven Form der Röhren. Bald wird Feilicht, bald Staub, bald werden kleine Kugeln, bald Stückchen Spiralfedern verwendet. Verwendet man Scheiben, so spielt die Natur des Metalls eine Rolle. Die Metalle lassen sich dann mit Rücksicht auf ihr Verhalten in zwei Gruppen teilen: 1. Zink, Kupfer, Silber, Messing u. s. w.; 2. Eisen, Stahl, Aluminium, Wismuth, Blei, Zinn u. s. w. Der Kontakt zweier Scheiben hat keinen beträchtlichen Widerstand, wenn die eine davon der ersten Gruppe angehört. Gehören beide Scheiben der zweiten Gruppe an, so ist der Widerstand gross, wächst bei Erschütterung, wird kleiner durch eine Funkeneinwirkung und erreicht seinen Wert wieder bei Erschütterung.

IX. Dieser Abschnitt behandelt den Mechanismus der beschriebenen Vorgänge. Es ist zu bedauern, dass hier nicht eine präzise Sichtung der zahlreichen Arbeiten vorgenommen wurde, die vorliegen. Selbst das, was von den verschiedenen Ansichten besprochen wird, ist lange nicht scharf genug herausgearbeitet, sodass weder der Verfasser noch der Leser zu einer bestimmten klaren Meinung kommt. Im wesentlichen haben zwei Auffassungen Anhänger: die eine nimmt an, dass kleine Fünkchen die isolierenden

Zwischenräume zwischen den Körnern durchschlagen und kleine, mit leitenden Metallpulvern ausgekleidete Kanäle bilden. Die zweite, von Lodge eingeführte Ansicht nimmt an, dass die elektrostatischen Ladungen der Körner dieselben so aneinander pressen, dass sie an den Berührungspunkten kohärieren (oder auch zusammenschweissen, nach einer anderen Anschauung). Deshalb nennt Lodge die radiokonduktiven Leiter Kohärer. (In Deutschland hat man dafür, mehr im Sinne der Zusammenschweissungstheorie, das Wort „Fritter" einzuführen gesucht. D. Ref.) Tommasina hat die zusammenhängenden Körnerketten direkt beobachten können.

Branly selbst hält an der Anschauung fest, dass durch die elektrischen Einflüsse die Zwischenschicht „leitend" werde (was aber mehr eine Umschreibung des Vorgangs, als eine Erklärung sein dürfte. D. Ref.)

X. Man kann durch kreuzweise übereinander gelegte (meist oxydierte) Stäbe auch Radiokonduktoren mit einem einzigen Kontakte erhalten, während die Feilichtkonduktoren unendlich viele Kontakte aufweisen.

XI. Die Radiokonduktoren sind sehr geeignet zur Untersuchung elektrischer Wellen und haben dazu vielfache Anwendung gefunden.

XII. Branly fand (1891) auch einige Radiokonduktoren, deren Widerstand durch Bestrahlung grösser wird, nämlich einige wenige Metallpulver, platiniertes Glas, Bleisuperoxyd u. s. w.

XIII. Nachdem die Radiokonduktoren durch die drahtlose Telegraphie so grosse Bedeutung gewonnen haben, hat man in der Litteratur eine Reihe von Vorläufern der Branlyschen Entdeckung gefunden, Beobachtungen, die, früher durchaus unerklärlich, wieder in Vergessenheit geraten waren. Die ältesten derselben sind wohl die 1850 von Guitard über Kohäsion von Staubteilchen in elektrisierter Luft.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 27. Juli 1900.)

REFERATE.

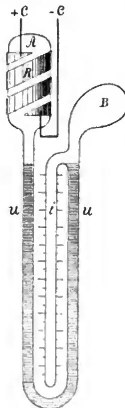


Der Wrightsche Maximalstrommesser.

Um zu ermitteln, welche grösste Stromstärke in einem bestimmten Zeitraum eine Leitung durchflossen hat, ist von Wright ein Apparat konstruiert und von der Firma Mildé fils & Co. in Paris gebaut und in den Handel gebracht worden.

Das Prinzip dieses sehr einfachen Maximalstrommessers beruht auf der Wärmeeinwirkung des Stromes auf ein eingeschlossenes Gasquantum und dessen dadurch hervorgerufene Ausdehnung. Eine *U*-förmig gebogene enge Glasröhre *U U* (s. Figur) endet an ihren beiden Schenkeln in aufgeblasene Erweiterungen *A* und *B*. Das eine dieser Glasgefässe, *A*, ist von einer Spirale *R* aus einer Metalllegierung von hohem elektrischen Widerstande und geringem Temperaturkoeffizienten umgeben.

Dicht unter der anderen Glasbirne *B* setzt sich seitlich ein nach unten gebogene und unten geschlossene Glasröhre *J* zweigförmig an, wie dies die Figur erkennen lässt. Das *U*-Rohr ist mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt. Fliesst kein Strom durch die Drahtspirale, so steht die Flüssigkeit in der rechten Rohrhälfte bis zu dem Ansatzpunkt des Anzeigerohrs *J*. Wird der Strom *C* geschlossen, so wird das Gas in dem linken Glasballon ausgedehnt, die Flüssigkeit steigt in dem rechten Schenkel der *U*-Röhre und fliesst zum Teil in das Anzeigerohr über. Diese in dem Anzeigerohr befindliche Flüssigkeitsmenge kann dann als Mass für die Stromstärke gelten. Eine grössere, die frühere übertreffende Stromstärke bewirkt das Überfliessen einer neuen Menge Flüssigkeit.



Die Flussigkeitshöhe in dem Anzeigerohr giebt demnach ein Mass für das Stromnaximum, das den Apparat in der verflossenen Zeit passiert hat.

Die Einteilung des Standrohres wird empirisch bestimmt.

Um den Apparat wieder auf Null zu stellen ist es nur nötig, denselben umzudrehen, um die in dem Zählrohr enthaltene Flüssigkeit in das *U*-Rohr zurückzubefördern.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass der Apparat sowohl für Gleich-, als auch für Wechselstrom brauchbar ist.

Anderseits ist zu bemerken: Da die Wärmeeinwirkung des Stromes auf die Gasmasse nicht momentan erfolgt, sondern eine gewisse Zeit vergeht, bis sich das Gas vollständig erwärmt resp. ausgedehnt hat, so werden die Angaben des Apparats durch plötzliche, starke Stromschwankungen wie z. B. Kurzschluss nicht beeinflusst.

Die Empfindlichkeit des Instrumentes ist eine solche, dass, wenn das Strommaximum 5 Minuten dauert, der Apparat 80 für 100, bei 10 Minuten 95 für 100, bei 15 Minuten und mehr 100 für 100 anzeigt.

Angewendet wird der Wrightsche Messer in Verbindung mit einem gewöhnlichen Elektrizitätszähler für die Feststellung der Stromgebühren nach dem in Frankreich üblichen Tarif différentiel, ferner in Akkumulatorenanlagen, um zu prüfen, ob die höchst zulässige Entladestromstärke während einer gewissen Zeit nicht überschritten worden ist, ferner für Stromverteilungsstellen, zur Feststellung der Maximalbelastung von Transformatoren u. s. w.

Wie man sieht, ist der Wrightsche Messer zwar kein Präzisionsinstrument, leistet aber bei seiner Einfachheit für gewisse praktische Zwecke vorzügliche Dienste. E. Ruhmer.

Paris, Anfang Juli 1900.

BESPRECHUNGEN.

Emil Cohn, Das elektromagnetische Feld. Vorlesungen über die Maxwellsche Theorie. Leipzig. S. Hirzel, 1900. 601 Seiten. Preis gebunden M. 15.60.

Der Verfasser spricht sich in der Einleitung über das Ziel, welches er bei diesen Vorlesungen im Auge hatte, folgendermassen aus: „Eine Darstellung, welche die Maxwellschen Grundgleichungen an die Spitze stellt und von ihnen aus deduktiv fortschreitet, ist möglich und kann durch ihre geschlossene, alle Wiederholungen vermeidende Form Befriedigung gewähren. Sie beginnt aber notwendig mit der Behandlung ganz abstrakter mathematischer Symbole, die sich erst allmählich mit physikalischem Inhalt füllen. Sie erscheint dadurch ungeeignet zur Einführung in die Theorie. Wir wollen deshalb induktiv verfahren und zu zeigen suchen, wie man von den beobachteten Erscheinungen aus zu denjenigen theoretischen Anschauungen geführt wird, welche in den Maxwellschen Gleichungen ihren einfachsten und umfassendsten Ausdruck finden. Wir werden, indem wir die unmittelbaren Ergebnisse der Beobachtungen verallgemeinern, im grossen und ganzen den Pfaden der historischen Entwickelung folgen; indem wir aber diejenigen Verallgemeinerungen ausschliessen, welche durch spätere Beobachtungen widerlegt sind, werden wir die Umwege zu vermeiden suchen."

Diesem Programme gemäss geht der Verfasser im ersten Kapitel von dem Erfahrungssatze aus, der die Konstanz der Elektrizitätsmenge ausspricht, und von Coulombs Gesetz; er schreibt übrigens letzteres $f = \frac{e_1 e_2}{4 \pi \varepsilon r^2}$, wodurch es ermöglicht wird, das 4π aus den Grundgleichungen herauszuschaffen. Das Potential und die Feldintensität sind dabei abgeleitete Grössen. Bis hierher werden die Vorstellungen der Fernewirkungstheorie verfolgt; dann aber wird gezeigt, dass man auch die Betrachtungen umkehren und den Begriff der Feldintensität zu Grunde legen kann. Das Kapitel schliesst mit der Berechnung der Spannungen und ponderomotorischen Kräfte im elektrostatischen Felde. In den nächsten drei Abschnitten wird die elektrische Strömung, das statische magnetische Feld (unter Voraussetzung konstanter Permeabilität) und das magnetische Feld stationärer Ströme besprochen. Das fünfte Kapitel behandelt die Induktionsströme in linearen Leitern; ihre Gesetze werden nach Helmholtz aus den bekannten ponderomotorischen Kräften mit Hilfe des Energieprinzips gewonnen.

Erst im sechsten Kapitel gelangen die Maxwellschen Gleichungen zur Darstellung. Die erste Grundgleichung ist äquivalent mit dem Induktionsgesetze; die zweite spricht aus, dass die zeitliche Änderung der elektrischen Polarisation einer elektrischen Strömung gleichwertig ist. Von der nunmehr erreichten Höhe blickt der Verfasser auf das bisher durchwanderte Gebiet zurück; er setzt den Unterschied der Maxwellschen und der älteren Elektrodynamik auseinander. Das Kapitel schliesst mit Folgerungen aus dem Poyntingschen Gesetze über die Wanderung der Energie im elektromagnetischen Felde.

Das siebente Kapitel beschäftigt sich mit der Integration der Maxwellschen Gleichungen für einige spezielle Fälle. Es beginnt mit

Birkelands Lösung, welche die Ausbreitung einer beliebigen Anfangsstörung in einem Leiter zu verfolgen gestattet. Dann folgt die Reflexion und Brechung ebener Wellen und die Fortpflanzung von Wellen längs cylindrischer Leiter. Hier wird ein merkwürdiges Näherungsverfahren verwandt, welches darauf hinausläuft, dass die zur Leiter parallele Komponente des Verschiebungsstromes vernachlässigt wird. In gewissen Fällen ist dieses erlaubt; dann ergeben die älteren Theorien dasselbe wie die Maxwellsche. Ferner wird die Theorie der oscillatorischen Entladung eines Kondensators entwickelt. Dagegen vermisst der Referent die theoretischen Untersuchungen von H. Hertz über die Verteilung der Kräfte um einen geradlinigen, gegen die Wellenlänge verschwindend kleinen Erreger. Es ist zwar bei den experimentell realisierbaren Erregern nicht gestattet, die Länge als gegen die Wellenlänge der ausgesandten Strahlen verschwindend klein anzusehen und die Strömung als durch einen einzigen Parameter bestimmt zu betrachten, wie es Hertz thut — vielmehr ist die Strömung längs des Leiters von Querschnitt zu Querschnitt variabel, und die Wellenlänge von der Grössenordnung der Längsdimensionen; dennoch ist jene Untersuchung von prinzipieller Bedeutung, einmal aus dem Grunde, weil sie das einfachste Bild für einen leuchtenden Punkt giebt, (vor allem aber, weil man, wie H. Poincaré (C. R. 1891, S. 515) und V. Levi-Cività Nuovo Cim. VI, 1897, S. 93) gezeigt haben, das elektromagnetische Feld eines beliebigen zeitlich veränderlichen Stromsystems ansehen kann als Superposition der Felder der einzelnen Stromelemente, von denen jedes sich wie ein idealer Hertzscher Erreger verhält. — Was den Vergleich der Maxwellschen Theorie mit der Erfahrung anbelangt, so begnügt sich der Verfasser damit, die Ergebnisse in einige Thesen zusammenzufassen. Die Darlegung der Beziehungen zur Optik und die Diskussion der Frage nach dem Giltigkeitsbeweis der nur mit zwei Konstanten operierenden, strengen Maxwellschen Theorie beschliessen den Abschnitt.

Im letzten Kapitel werden die Grundgleichungen nach drei Richtungen hin erweitert. 1. In Rücksicht auf ferromagnetische Medien; 2. in Rücksicht auf bewegte Medien; hier werden für die Spannungen allgemeine Ausdrücke aufgestellt, die Beachtung verdienen; 3. in Rücksicht auf krystallinische Medien.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das neue Buch jedem als Führer zu empfehlen ist, der sich im elektromagnetischen Felde orientieren will.

Göttingen, den 23. Juli 1900.

M. Abraham.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

Personalien.

Der Assistent im chemischen Laboratorium der königlichen Technischen Hochschule in München, Dr. Georg Rohde, hat sich als Privatdozent für allgemeine Chemie an der chemischen Abteilung dieser Hochschule habilitiert.

Dem Direktor des Berliner Werkes von Siemens & Halske, Aktien-Gesellschaft, und Privatdozenten der Physik an der Universität Berlin, Dr. A. Raps, wurde der Professortitel verliehen.

Der Privatdozent für Elektrotechnik an der technischen Hochschule in München, Dr. C. Heinke ist auf den neu errichteten Lehrstuhl für Elektrotechnik an derselben Hochschule berufen und zum ordentlichen Professor ernannt worden. Den an ihn ergangenen Ruf nach Stuttgart hat er aus diesem Grunde abgelehnt.

Dem Abteilungsvorsteher am ersten Chemischen Institute der Universität Berlin, Privatdozenten Dr. Karl Harries ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

Zum ordentlichen Professor für allgemeine experimentelle Physik an der Universität Genf ist an Stelle des Professors Charles Soret, der an der École municipale de Physique et de Chimie industrielles in Paris wirkende Professor P. Curie ernannt worden.

Der Privatdozent der Physik Professor Zehnder an der Universität Würzburg ist als Privatdozent in den Lehrkörper der Münchner Universität eingetreten.

Geheimer Regierungsrat Professor Keck, der an der Technischen Hochschule Hannover seit 30 Jahren als Dozent für Mechanik gewirkt hat, ist 59 Jahre alt, infolge eines Schlaganfalles gestorben.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 46. 18. August 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Verwendung des Radiomikrometers zur Messung kurzer elektrischer Wellen.

Von G. W. Pierce.[1]

Klemenčič[2] führte das Thermoelement zum Studium elektrischer Wellen ein. Das Eigenartige seiner Anordnung bestand in zwei dünnen Metallblättchen *M*, 10 cm breit, 30 cm lang, an die bei einem gegenseitigen Abstande von 3 cm je ein sehr dünner Draht von Platin und Platinnickel angelötet war. Diese Drähte sind bei *k* in Kreuzform um einander gelegt und werden von

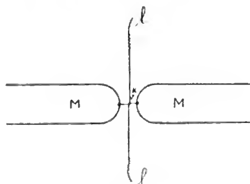


Fig. 1.

dort in rechten Winkeln fortgeführt. Bei *l* sind sie an die Zuleitungen eines empfindlichen Galvanometers angelötet. Dieses Resonatorsystem befindet sich in der Brennlinie eines geeigneten cylindrischen Metallspiegels. Elektrische Schwingungen zwischen *M* und *M* werden nun eine Erwärmung am Kreuzungspunkte *k* erzeugen, die ein Anwachsen der thermo-elektromotorischen Kraft verursacht und infolgedessen einen Strom im Galvanometer entstehen lässt. Mit diesem Instrumente studierte Klemenčič die Reflexion elektrischer Wellen an Metallen und Schwefel; bezüglich der Wellenlängen jedoch war er nicht imstande, genaue quantitative Resultate zu bekommen.

Cole[1]) mass unter Anwendung einer ähnlichen Vorrichtung von kleineren Dimensionen die Reflexionskoeffizienten an Oberflächen von Wasser und Alkohol in den zwei Hauptazimuthen und berechnete hieraus nach Fresnels Formeln die Brechungsexponenten und die Dielektrizitätskonstanten dieser beiden Substanzen. Ebenso hat Cole[2]) mit Hilfe des Thermoelements die Absorption elektrischer Wellen in Wasser und Alkohol gemessen.

P. Lebedew[3]) arbeitete mit Wellen noch kleinerer Dimensionen unter Anwendung einer wenig veränderten Form des Thermoelements und erzielte damit wichtige Resultate.

Nachstehend wird nun die Beschreibung einer Anordnung gegeben, von der ich fand, dass sie bei quantitativen Versuchen über elektrische Wellen gut anwendbar ist.

Der Empfänger: Als Empfänger benutzte ich ebenso wie Klemenčič und Cole ein Thermoelement. Aber anstatt wie diese ein besonderes Galvanometer zu verwenden, verlegte ich das Thermoelement in die Aufhängung eines dem Mikroradiometer von Professor Boys ähnlichen Instruments. Die Anordnung ist in 2 Schnitten nachstehend abgebildet. Fig. 2 giebt einen Vertikalschnitt durch die Aufhängung senkrecht zum magnetischen Felde. Auf einer mit Fussschrauben versehenen Grundplatte *B* steht ein parabolischer Cylinderspiegel aus Holz, auf der Innenseite mit Kupfer belegt. *R* ist die konkave Seite des Reflektors, die Öffnung desselben zeigt nach rechts. Auf dem Reflektor, durch eine Messingplatte von demselben getrennt, befindet sich ein mit Pol-

1) Americ. Journ. of Scienc. (4), **9**, 52, April 1900.
2) Ignaz Klemenčič, Über die Reflexion von Strahlen elektrischer Kraft, Wied. Ann. **45**, 62, 1892.

1) A. C. Cole, Wied. Ann. **57**, 290, 1896.
2) Cole, Phys. Review, **7**, Nov. 1898.
3) Peter Lebedew, Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kraft. Wied. Ann. **56**, 1, 1895.

schuhen armierter Hufeisenmagnet, *M*. Die Pole desselben stehen nahe einander gegenüber und greifen in eine Messingröhre ein, durch die der Aufhängefaden geht. Die gestrichelte Linie in der Verlängerung dieser stellt eine Glasröhre dar. Die Brennweite des Reflektors beträgt 2 cm, die Weite der freien Öffnung 16 cm bei 13 cm Höhe.

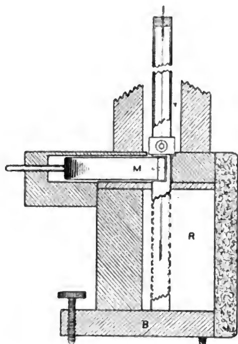


Fig. 2.

Die Polschuhe sind 2,5 cm hoch; das Thermoelement befindet sich 6,7 cm unterhalb des Magneten. Die Polschuhe stehen 4 mm auseinander und sind dünn mit Kupfer überzogen, um eine Berührung des Eisens mit der Windung zu vermeiden.

Eine klarere Vorstellung von der Aufhängung giebt Fig. 3, die einen durch die Achse des magnetischen Feldes gelegten Schnitt darstellt.

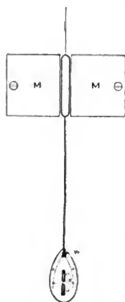


Fig. 3.

Der Stromkreis besteht aus einer einzigen Windung eines 2 mm starken, mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes. Unterhalb der Windung sind die Drähte in einer Länge von ca. 5,5 cm zusammengedreht, dann gehen sie wieder auseinander und bilden die Zuleitungen *a a*. Das resonierende System besteht aus zwei Kupfercylindern *o o*, 8 mm lang und 1 mm im Durchmesser. Letztere sind etwa 1 mm auseinander und an ihren gegenüberliegenden Enden sind je ein Konstantan- und Manganindraht angelötet. Die Durchmesser[1]) der Drähte sind durch Abätzen mittelst Königswassers auf etwa 0,1 bis 0,2 mm reduziert.

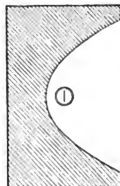


Fig. 4.

Sie sind bei *k* gekreuzt, dann rechtwinklig abgebogen und mit den Zuleitungen *a a* verlötet. Sie bilden so mit der oberen Windung einen geschlossenen Stromkreis. Die Resonatoren, *o o*, sind mittels seidener Fäden, die Zuleitungsdrähte mit Klebwachs (bei *w*) auf einem Glimmerplättchen befestigt. Die dünnen Drähte werden durch die Federkraft der Zuleitungen bei *k* in Kontakt gehalten.

Der Zwischenraum zwischen den Polschuhen des Magneten, die durch die seitlich aufgeschnittene Messingröhre durchgesteckt sind, beträgt etwa 3 mm. Die Polschuhe sowie der Magnet selbst können so zurückgezogen werden, dass man die Aufhängung in die Röhre einsenken kann. Wieder vorgeschoben wird die Windung so eng umschlossen, dass Luftströmungen nicht bis zur Aufhängung gelangen können.

Wenn elektrische Wellen von bestimmter Wellenlänge auf den Spiegel gelangen, so werden sie auf den Resonator reflektiert und verursachen elektrische Schwingungen zwischen den beiden Cylindern *o o*; das Thermoelement wird erwärmt und erzeugt einen konstanten Strom in der Windung. Da diese sich in einem starken magnetischen Feld befindet, so dreht sich die Windungsebene der Spule und stellt sich in einem kleinen Winkel gegen seine frühere Lage. Diese kleinen Ablenkungen wurden mittels eines Elliotschen Ablesefernrohres bestimmt. Dank der Güte dieses Instrumentes konnten Zehntelmillimeter noch mit vollständig ausreichender Genauigkeit ermittelt werden.

Um das Thermoelement aufs sorgfältigste gegen strahlende Wärme zu schützen, waren

1) Über die Herstellung solcher dünner Drähte s. Lebedew l. c.

der Magnet, die Rückseite des Empfängers, wie auch die Röhre, in der sich die Aufhängung befand, mit einer 3 cm dicken Holzlage bedeckt. Der Empfänger war auf seiner offenen Seite durch eine Baumwollschicht gleicher Dicke abgedeckt. Das Ganze befindet sich dann noch unter einer 5 bis 6 cm dicken Filzlage. Der einzige exponierte Teil ist der Spiegel der Aufhängung, der durch ein doppeltes Glasfenster beobachtet werden konnte und auch noch ausserdem durch Schirme gegen die Lampen im Zimmer und den Körper des Beobachters geschützt war.

Das System hängt an einem dünnen Quarzfaden, dessen Torsion dann auch noch als Kontrolle benutzt werden konnte. Der Galvanometerspiegel wog 0,05 g; die Kupferresonatoren 0,144, die übrigen Teile des Systemes 0,27 g. Die Schwingungsdauer betrug 3 Sec. und der Widerstand des Thermoelementes etwa 2 Ohm.

Man könnte nun vermuten, dass die Empfindlichkeit des Instruments hätte gesteigert werden können, wenn auf der Spule etwa 30 Windungen gewesen wären. Ihr Widerstand wäre dann gleich dem des Thermoelements gewesen.

Ich habe indessen gefunden, dass die Feldbeeinflussung durch die magnetischen Eigenschaften des Kupfers so gross ist, dass eine kleinere Empfindlichkeit mit einer grossen Windungszahl erreicht wird als mit einer einzigen Windung. Die Anordnung kann wegen des Widerstandes des Thermoelements nicht auf die ungewöhnlich hohe Empfindlichkeit des Originalapparates von Boys gebracht werden.[1]) Ihre Empfindlichkeit ist jedoch immerhin unter Verwendung eines Thermoelements und eines Galvanometers von geringem Widerstande nicht leicht zu erreichen.

Folgendes mag hiervon ein angenähertes Urteil geben.

Ein Thermoelement, aus käuflichem Neusilber- und Manganindraht, erzeugte in einem Galvanometer von einer Empfindlichkeit von 10^{-8}, wenn es den Wärmestrahlen einer entfernten Lampe ausgesetzt war, einen Ausschlag von 2 cm. Oben beschriebene Anordnung ergab bei etwa derselben Erwärmung, abzüglich des Betrages, den die Glasröhre absorbierte, 40 cm Ablenkung. Hätte man diesen mit dem Neusilbermanganinelement erreichen wollen, so wäre ein Galvanometer dazu nötig gewesen, indem bei 100 cm Skalenabstand ein Strom von 5×10^{-10} Amp. noch einen Millimeter Ausschlag hätte geben müssen. Ein anderer Vorteil der D'Arsonvalanordnung ist der, dass sie leicht aperiodisch gemacht werden kann und dass von aussen kommende magnetische Störungen sie nicht beeinflussen. Dieses ist speziell wichtig bei der Messung elektrischer Wellen, da man in Anbetracht der wechselnden Art der Erzeugung derselben mit Stromstössen anstatt mit permanenten Ablenkungen zu arbeiten gezwungen ist. Um brauchbare Ablenkungen zu erhalten, ist es notwendig, dass das aufgehängte System von einer Ruhelage aus schwingt. Diese Bedingung ist mit einem empfindlichen Galvanometer schwer zu erreichen. Oben beschriebenes Instrument änderte seine Ruhelage in dem Zeitraum von über einem Monat nur sehr wenig und kam, wenn eine Ablesung gemacht war, sehr schnell zur Ruhe. Die einzigen Störungen, die es erlitt, wurden durch geringe Schwankungen seiner Aufstellung verursacht.

1) C. V. Boys, Phil. Trans., 180, A. 159, 1888—1889.

Das Instrument wurde anfangs vom Oscillator direkt elektrostatisch stark beeinflusst. Es stellte sich heraus, dass dieses durch einen kleinen Kondensator verursacht wurde, der in Serie mit der Sekundärspule des Induktoriums geschaltet war, um eine Lichtbogenbildung am Oscillator zu vermeiden. Durch Wegnehmen der Kapazität und durch Bedecken des oberen hölzernen Teiles des Empfängers mit Zinnfoline wurde diese Störung dauernd beseitigt.

Der Geber: Zwei Platincylinder mit Iridiumenden sind in kurze Thermometerröhren eingeschmolzen. Letztere gehen durch Gummistöpsel und befinden sich im Inneren einer weiteren Röhre T von 2 cm Durchmesser. Diese ist mit Öl gefüllt und mit Holzklammern in der Axe eines dem Empfängerspiegel in seinen Abmessungen gleichen Reflektors befestigt. Die Entfernung zwischen den Platincylindern des Gebers kann mittelst der Mikrometerschraube s einreguliert werden. In den engeren Röhren befinden sich dünne Platindrähte, von denen Kupferzuleitungen nach der sekundären Spule eines Induktoriums mittlerer Grösse führen. Die beiden Funkenstrecken b trennen diese Drähte von den Platincylindern und isolieren letztere. b ist etwa 2 mm lang. Von dieser Länge scheint die Periode der Oscillationen in geringem Masse abhängig zu sein;

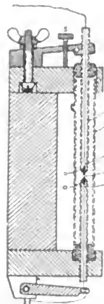


Fig. 5.

durch die Reguliervorrichtung kann man sie nahezu gleich der des Resonators machen. Die Ölfunkenstrecke *a* muss sehr kurz sein um ein Auslöschen der Oscillationen zu vermeiden.

Recht unangenehm bemerkbar macht sich die Abnutzung der Enden der kleinen Cylinder bei diesem kleinen Zwischenraum; dadurch wird die Dämpfung geändert, mithin auch die Menge von Energie, die in Form elektrischer Wellen weggeht. Das einzige Metall, das man in Glasröhren verschmelzen kann, ohne befürchten zu müssen, dass das Glas bei einer Erwärmung gesprengt wird, ist Platin. Es stellte sich indess heraus, dass Platin sehr stark angegriffen wurde; speziell durch den bei der Zersetzung des Öls auftretenden Wasserstoff. Ich versuchte die Abnutzung des Oscillators dadurch einzuschränken, dass ich Stückchen Iridium mittelst Kupfer anlötete. Iridium wird viel langsamer verbraucht als Platin. Andere Oscillatoren, mit Silberenden versehen, wurden noch verwandt, jedoch bewährte sich Iridium stets besser. Da indes immer bloss eines der beiden Enden der Abnutzung hauptsächlich ausgesetzt ist, kann man ebenso gut mit je einem Silber- und Iridiumende arbeiten, als mit zwei aus Iridium bestehenden. Die bei der Zersetzung des Öles entstehende Kohle überzieht diese Enden und schliesst sie zeitweilig kurz, was die Ablesung beeinträchtigt. Ich habe jedoch nicht versucht, diesen Mangel zu beseitigen, wie es durch häufiges Erneuern des Öls hätte geschehen können. Besser wäre es vielleicht gewesen, einen kontinuierlichen Ölstrom durch die Funkenstrecke hindurchströmen zu lassen. Als flüssiges Dielektrikum bei *a* wurde Vaselinöl verwandt (Righi).

Der Unterbrecher: Um kräftige gleichbleibende Wellen zu bekommen, ist es Bedingung, dass der Primärstrom des Induktors schnell und gleichförmig unterbrochen wird. Ich verwandte zu diesem Zweck einen Unterbrecher des Foucault-Typus. Eine Platinspitze, welche durch einen Excenter mit der Welle eines Wechselstrommotors in Verbindung steht, taucht in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss intermittierend ein. Der Motor ist von dem Typus der von der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft" zum Treiben ihrer kleinen transportabeln Ventilatoren benutzten. Die Umdrehungszahl beträgt hierbei etwa 1500 in der Minute. Die Oberfläche des Quecksilbers kann durch einen kontinuierlich überfliessenden Wasserstrom rein gehalten werden, ein Verfahren, dass schon früher in dem hiesigen Laboratorium von Herrn Maclean[1]) angewandt wurde. Trotz all dieser Vorsichtsmassregeln war es mir dennoch unmöglich, völlig gleichbleibende Wellen zu erhalten. Der Oscillator verdirbt immer mehr und die Ablesungen des Instruments werden allmählich kleiner. Indessen ist diese Fehlerquelle in ihrem Verlauf durchaus regelmässig und kann gut eliminiert werden durch entsprechende Anordnung der Ablesungen und Beobachtung von Mittelwerten.

Wenn die Funkenstrecke im Öl gut einreguliert ist, kann bei einem Abstande des Gebers vom Empfänger von 50 cm ein Ausschlag von 8 cm erzielt werden. Um indess grössere Regelmässigkeit in den Messungen zu erhalten, wurde die Funkenstrecke gewöhnlich so eingestellt, dass die Ablenkungen 1 und 3 cm betrugen.

Genauigkeit der Messungen. Vor allem drängt sich die Frage auf: welche Beziehungen bestehen zwischen den Ablenkungen des Instrumentes und zwischen der Intensität der Strahlen, die diese Ablenkungen verursachen. Man könnte vermuten, beide wären einander direkt proportional, da ja die Ausschläge der elektromotorischen Kraft des Thermoelementes direkt proportional sind. Die elektromotorische Kraft würde sehr nahe proportional sein der entwickelten Wärmemenge, welche, da sie die Dimension einer Energie hat, der Intensität der Wellen proportional sein sollte.

Versuche, dieses zu prüfen, indem man den Geberspiegel beseitigt und die Ausschläge des Empfängers bei wechselndem Abstande misst, sind mit Schwierigkeiten verbunden. Denn, wenn man sich einerseits auf Hertzs mathematische Betrachtungen über den Oscillator stützt, nach denen die Intensität umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstandes ist, so wird man bei einer geradlinigen Ausgangsstelle und einem parabolischen Empfängerspiegel zu einem Integral kommen, dessen Lösung Schwierigkeiten bereitet. Andererseits kann man die Schwierigkeiten, die durch die Beugung entstehen, nicht umgehen.

Ich habe nun auf einem anderen Wege versucht in das Studium der Ablenkungen des Empfängers experimentell einzudringen. Geber und Empfänger waren mit ihren Parabolspiegeln versehen und es wurde die jeweilige Wirkung gemessen, wenn der Oscillator um einen kleinen Winkel α um die gemeinsame optische Axe der beiden Spiegel gegen den Resonator gedreht wurde. Der Oscillator befand sich dem Resonator in einem Abstand von 52 cm gerade gegenüber, und der Drehungswinkel wurde an einer auf der Rückseite des Oscillatorspiegels angebrachten Skala abgelesen. In nachstehender Tabelle geben die Kolonnenköpfe die Drehungswinkel. Die Kolonnen enthalten die zugehörigen Ablenkungen des Empfängers in

1) G. V. Maclean, Americ. Journ. of Scienc. **8**, Juli 1899.

Millimetern. Es wurde abwechselnd in beiden Stellungen abgelesen.

0^0	30^0	0^0	45^0	0^0	60^0	0^0	90^0
12,2	9,8	12,4	6,9	11,2	4,2	10,4	1,5
11,9	10,1	12,2	6,4	11,6	4,2	9,5	1,1
11,0	9,4	12,0	6,6	12,5	3,9		1,2
11,6	8,9	11,9	6,6	11,3	3,7		
11,0	8,7	11,6		10,6	4,2		
10,5	8,5						
10,6	8,5						
10,3							
11,14	9,13	12,0	6,62	11,4	4,04	10,0	1,3
Verhält.:	0,819		0,552		0,355		

Andere, für das letzte Verhältnis erhaltene Werte $\begin{cases} 0,13 \\ 0,16 \\ 0,17 \end{cases}$

Im Mittel 0,15

Wenn nun die Welle geradlinig polarisiert ist und man die Einwirkung der zweiten Metallreflexion auf die Art der Polarisation vernachlässigt, so sollte für die Komponente der Intensität in der Richtung des Resonators die Formel gelten

$$\frac{J_1}{J_2} = \cos^2 a.$$

Aber wenn die Spiegel gegeneinander rechtwinklig standen, verblieb eine kleine Ablenkung, die nach der Formel nicht stattfinden dürfte.

Dass dieselbe durch einen zwischengeschobenen metallischen Schirm beseitigt werden konnte, erwies, dass ihr Ursprung in den Wellen zu suchen war. Ob nun diese Wirkung einer gemischten Polarisation zuzuschreiben war oder einer Einwirkung der Wellen auf die kurzen dünnen Drähte, senkrecht zu den resonierenden Cylindern des Thermoelementes, immer ergiebt sich eine Intensitätskomponente senkrecht zu der durch die Formel ausgedrückten und verlangt die Hinzufügung eines Ausdruckes $0{,}15 \sin^2 a$.

Es ist dann

$$\frac{J_1}{J_2} = \cos^2 a + 0{,}15 \sin^2 a.$$

Mit Hülfe dieser Formel habe ich die Intensitätsverhältnisse berechnet und gebe dieselben in der dritten Kolonne folgender Zusammenstellung an, um Vergleiche zu ziehen mit dem Verhältnis der Ablenkungen.

a	$\frac{J_1}{J_2}$ (beobachtet)	$\frac{J_1}{J_2}$ (berechnet)
0	1	1
30	0,819	0,79
45	0,552	0,575
60	0,355	0,362
90	0,15	0,15

Wie man sieht, stimmen die berechneten Werte ziemlich gut mit den Beobachtungen überein. Obschon nun auch die Experimente nicht entscheidend sein mögen, scheint es doch sehr wahrscheinlich, dass die Ablenkungen des Empfängers proportional der Intensität der Wellen sind.

Mittelst stehender Wellen wurde die Wellenlänge bei diesem und folgendem Versuche auf 4,4 cm bestimmt.

Durchlässigkeit von Holz. Righi hat gezeigt, dass gewisse Holzarten die Wellen besser durchlassen, wenn die Faserung in einer anderen Richtung zum Oscillator steht als in der dazu senkrechten. Untenstehende Zahlen bestätigen dieses. Ein Brett aus Fichtenholz 22,4 cm im Quadrat und 4,8 cm dick wurde zwischen Geber und Empfänger gebracht. Beobachtet wurde ohne Brett, ferner mit Brett parallel zu den Wellen und senkrecht dazu. Folgende Tabelle enthält die Ablesungen in Millimetern, die Striche ergeben die Aufeinanderfolge der Beobachtungen.

	ohne Holz		Faserung senkrecht		Faserung parallel
			13,4	——	8,0
	15,4	——	12,8		7,9
	15,8		12,2		7,0
	17,1		12,2		7,0
	15,0		12,0		6,5
	14,5		10,5		6,9
	14,2		10,0		7,1
	14,2				
Mittel	15,2		11,9		7,2

Durchgelassene Strahlung in Prozenten der auffallenden Stahlung

bei parallel stehender Faserung 47,4

bei senkrecht stehender Faserung 78,3.

Die Durchlässigkeit dieses Holzstückes, wenn die Faserung parallel zu den Oscillationen steht, ist mithin 60 Proz. des Betrages bei senkrecht verlaufenden Fasern. Eine andere Messreihe ergab hierfür 59,2 Proz.

Eichen- und Schwarzlindenholz (white wood) giebt für die beiden Orientierungen nur geringe Unterschiede. Das charakteristische Verhalten des Fichtenholzes liegt eben in seiner verschiedenen Durchlässigkeit in Richtung und quer zu der Faserung. Ein aus Metallstreifen (Breite und gegenseitiger Abstand je 2 cm) gebildetes Gitter liess 96 Proz. der einfallenden Wellen durch, wenn die Streifen quer zum Oscillator und 29 Proz., wenn sie parallel dazu verliefen. Eine einzelne Metallstange, von 3,16 Zoll Durchmesser parallel zur elektrischen Verschiebung zwischen Geber und Empfänger gebracht schirmte 40 Proz. der Wellen ab.

Diese einfachen Versuche sind hier bloss angeführt, um die Brauchbarkeit des Apparates beim quantitativen Arbeiten mit elektrischen Wellen darzuthun.

Weitere Versuche sind im Gang.

Jefferson Physical Laboratory. Harvard University.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Fritsch.)

(Eingegangen 5. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.

Von H. A. Lorentz.

(Fortsetzung und Schluss.)

Das waren die hauptsächlichsten Gründe, die Maxwell bestimmten, anzunehmen, dass ein Lichtstrahl nichts anderes sei, als eine Aufeinanderfolge von sehr rasch, nämlich hunderte Billionen mal in der Sekunde die Richtung wechselnden elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen.

Auf weitere Einzelheiten darf ich hier nicht eingehen. Kein Physiker bezweifelt augenblicklich noch, dass die Theorie in der Hauptsache richtig ist. Wer würde sich denn auch vorstellen wollen, dass zwei Gleichgewichtsstörungen sich in demselben Medium mit derselben Geschwindigkeit ausbreiten, ohne dass zwischen beiden eine Beziehung oder Übereinstimmung bestünde?

Die experimentelle Bestätigung dessen, was Maxwell aus seinen Formeln abgeleitet hatte, lieferte Hertz. Nachdem eine bewundernswerte Einsicht in die Bedeutung von scheinbar unbedeutenden Erscheinungen ihn eine Methode zur Wahrnehmung von schnellen Schwingungen hatte finden lassen, glückte es ihm in seinem Auditorium im Karlsruher Polytechnikum, wo er über einen Abstand von 15 Meter verfügte, nachzuweisen, dass die elektrischen Schwingungen sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Wellenbewegungen fortpflanzen, und dass die Geschwindigkeit, mit der sie das thun, innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler gerade so gross ist, wie es die Theorie verlangt.

Diese elektrischen Wellen unterscheiden sich von den Lichtwellen nur durch die geringere Geschwindigkeit, womit die entgegengesetzt gerichteten Gleichgewichtsstörungen mit einander abwechseln. Bei den ersten Versuchen, welche Hertz unternahm, betrug die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde ungefähr 100 Millionen, bei den gelben Lichtstrahlen beträgt sie 500 Billionen. Hiermit hängt der Unterschied in den Wellenlängen zusammen; dieselbe betrug bei Hertz einige Meter und ist beim gelben Licht nicht einmal der tausendste Teil eines Millimeters. Die Schwingungen von Hertz sind mit Wellen auf der Wasseroberfläche zu vergleichen, wobei die Wellenberge in grossen Intervallen auf einander folgen, die Lichtschwingungen mit feinen, dicht aufeinander gedrängten Kräuselungen des Flüssigkeitsspiegels. Dieser quantitative Unterschied ist indes der einzige, welcher zwischen beiden besteht. Auch in den Röntgenstrahlen haben wir es aller Wahrscheinlichkeit nach mit elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen zu thun. Haga und Wind fanden für deren Wellenlänge 1—2 zehnmillionstel Millimeter. Von dem Namen „X-Strahlen" wollen sie daher nun auch nichts mehr wissen.

Zahllos sind die Versuche, die durch die Arbeiten von Hertz angeregt wurden. Sie führten zu Marconis Telegraphie ohne Draht, bei welcher intermittierend während längerer oder kürzerer Zeiten elektrische Schwingungen, die den Strichen und Punkten des Morse-Alphabets entsprechen, durch den Luftraum ausgesandt werden. Es wurde ferner bewiesen, dass die „Strahlen elektrischer Kraft", wie sie Hertz nannte, nicht allein, was die Fortpflanzung in der Luft, sondern auch was Reflexion, Brechung und manche andere Erscheinung betrifft, denselben Gesetzen gehorchen, wie die Lichtstrahlen. Ein cylindrischer Hohlspiegel vereinigt sie in eine Brennlinie, ein Prisma lenkt sie vom geraden Weg ab.

Wollte man bei derartigen Versuchen nicht mit kolossalen Apparaten arbeiten, dann musste man zuerst danach trachten, wahrnehmbare Schwingungen von kleineren Wellenlängen als einige Meter zu erhalten. Hertz verkleinerte die Dimensionen des „Vibrators", der die Schwingungen aussandte und gelangte so zu Wellenlängen von ungefähr $^2/_3$ m; nun war es möglich, die Brechung durch einen prismatischen Asphaltblock, dessen Seitenlängen immerhin noch mehr als einen Meter betrugen, ebenso wahrzunehmen, wie die des Lichts durch ein kleines Stück Glas.

Später hat sich besonders Righi darauf gelegt, soweit als möglich, alle optischen Versuche mit elektrischen Schwingungen nachzuahmen; er arbeitete mit Wellenlängen von 20, 10, ja selbst 2,5 cm. Lebedew ist noch weiter gegangen bis zu Wellenlängen, die kleiner als 1 cm waren.

Durch Maxwells Ideen wurde uns ein Weg erschlossen, um auch in das Wesen der ponderablen Materie tiefer einzudringen. Es liegt auf der Hand, dass zu einer elektromagnetischen Theorie der Fortpflanzung des Lichts eine analoge Theorie über die Emission und ebenso über das Auffangen der Schwingungen passt; ich habe dabei die mannigfachen Erscheinungen im Sinn, welche sich zeigen, wenn irgend ein wägbarer Körper, ein Gas oder eine Flüssigkeit, ein Stück Glas, ein Kalkspatkrystall oder eine

lichtempfindliche photographische Platte vom Lichte getroffen wird.

Bei den Versuchen von Hertz waren die Vibratoren Metallmassen, in denen hin- und hergehende elektrische Ströme existierten. Beim Lichte müssen unzweifelhaft die einzelnen Moleküle in der Flamme, in den Funken oder in der leuchtenden Geisslerschen Röhre als Ausgangspunkte der Strahlung angesehen werden; es liegt daher auf der Hand, jedes dieser Teilchen, deren Grösse weit unter dem mikroskopisch Wahrnehmbaren liegt, mit einem Vibrator von Hertz, natürlich von der allereinfachsten Art, zu vergleichen.

Man kann elektromagnetische Wellen viel einfacher hervorbringen, als mit Hilfe der oscillierenden elektrischen Ströme in einem Metallstabe. Es genügt, einen positiv oder negativ geladenen Körper mit der Hand hin- und herzubewegen. Solch ein Körper hängt mit dem Äther zusammen; er ist gleichsam an eine Anzahl von unsichtbaren, sich nach allen Richtungen erstreckenden Drähten geheftet, die wir durch Vermittelung des geladenen Körpers angreifen können. Bewegt sich die Hand einmal in der Sekunde hin und her, dann entstehen längs aller dieser Drähte Wellen von 300 Millionen Meter; könnte man die Bewegung 100 Millionen mal so schnell ausführen, dann würden Wellen wie die von Hertz entstehen. Liesse man ein kleines geladenes Körperchen hunderte Billionen mal in der Sekunde sich über eine kleine Strecke hin und herbewegen, so würde man ohne Zweifel Licht zum Vorschein bringen.

So sind wir mit einem Modell für die Emission des Lichtes bald fertig. Wir wollen in den Molekülen der Flamme kleine elektrisch geladene Teilchen voraussetzen, und zwar so, dass in jedem Moleküle gleichviel positive, wie negative Ladung enthalten ist. Wir stellen uns weiter vor, dass in jedem lichtgebenden Moleküle wenigstens eins dieser Teilchen um eine Gleichgewichtslage schnell hin und herschwingen kann, unter dem Einfluss von Kräften, die es nach der Gleichgewichtslage zurückzutreiben suchen. Schliesslich wollen wir annehmen, das jedesmal, wenn ein Körper leuchtet, die geladenen Teilchen auf die eine oder andere Weise in Schwingungen geraten. Auf die Natur der elektrischen Ladungen gehen wir weiter nicht ein. Die vorausgesetzten Teilchen sollen in der Hauptsache dieselben Eigenschaften, welche wir an geladenen Körpern wahrnehmen, besitzen. Einen weiteren Begriff brauchen wir uns nicht zu bilden. Ein Name ist freilich bequem, wir nennen sie nach Faraday „Ionen".

Diese Ionen nun sehen wir in jedem leuchtenden Körper, ja wir müssen ihr Vorhandensein sogar in allen Körpern voraussetzen. Denn es giebt keinen Körper, der nicht Wärme ausstrahlte, selbst wenn er bis zu den niedrigsten, bis jetzt erzielten Temperaturen abgekühlt wird, und Sie wissen, wie die Wärmestrahlen, abgesehen von der Wellenlänge, von derselben Art sind, wie die Lichtstrahlen. Der Mechanismus der Emission muss in beiden Fällen derselbe sein. So ist unsere ganze Umgebung — ich meine hier nicht den Äther, sondern den wägbaren Stoff — von Ionen erfüllt, die in alle Ewigkeit ruhelos fortschwingen und sich gegenseitig ihre Wärmestrahlen zusenden.

Und nun das Auffangen der Schwingungen? Hertz gebrauchte dazu einen zweiten metallischen Leiter, einen zu einem Kreise oder einem Rechteck gebogenen Kupferdraht. Die Elektrizität darin wurde durch die vom Vibrator ausgehenden Wellen zu hin- und hergehender Bewegung, oder, wie man auch sagt, zum Mitschwingen erregt. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich, wie bei dem bekannten Versuch des Mitschwingens einer Stimmgabel mit einer anderen, — dies deutet auch der Name „Resonator" an, mit dem der eben genannte Apparat belegt wurde.

In unserem Bilde der optischen Erscheinungen brauchen wir nach den Resonatoren nicht weit zu suchen. Die Ionen, die in den Molekülen der Körper eingeschlossen liegen, werden sich, sobald sie durch einen Lichtstrahl getroffen werden, in Bewegung setzen. Aus diesem Mitschwingen, verschieden je nach den Kräften, mit denen die Ionen in ihrer Gleichgewichtslage festgehalten werden, erklärt die elektromagnetische Theorie den Einfluss der ponderablen Materie auf das Licht. Sie schreibt die Trennung der Farben in ein Spektrum dem Umstande zu, dass die Ionen im Prisma nicht durch alle Lichtarten in demselben Masse zum Mitschwingen erregt werden, und die wunderbaren Erscheinungen der Doppelbrechung in Krystallen, von denen Christian Huyghens in seinem „Traité de la lumière" eine so schöne Erklärung gab, werden die Folge der Ungleichheit der Kräfte, die sich den Verschiebungen nach verschiedenen Richtungen widersetzen.

Es kann kein ponderabler Stoff auf dem Weg eines Lichtstrahls liegen, ohne dass er durch seine Ionen einen Einfluss auf dessen Lauf hat. Selbst die kleinste Veränderung in der Dichte der Luft ist, wie die Astronomen nur zu gut wissen, genügend, um einige Abweichung zu verursachen. Ist die Luft stark zusammengedrückt, dann wird die Brechung erheblich; daher kommt es, dass man die verdichtete Luftschicht an der Vorderseite eines Projektils, welches mit einer grösseren Geschwindigkeit als die des Schalls fortfliegt, im Schattenbild auf einer lichtempfindlichen Platte wahrnehmen kann.

Auf welche Weise bei zunehmender Anhäufung der Moleküle die Lichtbewegung stärker und stärker beeinflusst wird, ist der mathema-

tischen Rechnung zugänglich; die Aufgabe kann nämlich mit ziemlicher Annäherung gelöst werden. Man ist imstande, den Brechungsindex von Wasserdampf aus dem des flüssigen Wassers und die Lichtbrechung in einem Gemenge zweier Flüssigkeiten aus der der Bestandteile abzuleiten. Die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den beobachteten beweist, dass wir uns auf dem rechten Wege befinden, wenn wir annehmen, dass die Moleküle bei Veränderung des Aggregatzustandes der Körper oder bei der Mischung von zwei Stoffen ihre Art und Individualität beibehalten und dass das Mitschwingen in jedem Moleküle für sich stattfindet.

Einheiten einer anderen Ordnung sind die chemischen Atome, aus denen wir die Moleküle aller Körper aufbauen. Es hat sich gezeigt, dass bei zahlreichen chemischen Verbindungen die Lichtbrechung auf dieselbe Weise, wie bei einem Gemenge, aus der der Bestandteile berechnet werden kann. Hier müssen daher nicht mehr die Moleküle als Ganzes, sondern die einzelnen Atome als Resonatoren fungieren. Jedes Atom, wie klein es auch sein mag, muss wenigstens ein bewegliches Ion enthalten, und die Art und Weise, wie dieses schwingt, muss z. B. in einem Kohlenstoffatom dieselbe sein, gleichgiltig ob es ein Bestandteil von Alkohol, Äther oder Glyzerin ist.

Nach diesen Spekulationen wird Ihnen eine experimentelle Bestätigung nicht unwillkommen sein. In Prof. Kamerlingh Onnes' Laboratorium, dieser Zierde unserer Universität, nicht wegen der äusseren Form, sondern wegen der inneren Organisation, stellte vor drei Jahren Dr. Zeeman Versuche über das Verhalten einer Natriumflamme zwischen den Polen eines starken Elektromagneten an. Von dem gelben Lichte der Flamme wurde ein Spektrum entworfen, in welchem die bekannte Doppellinie zwei durch die Natriumatome emittierten Lichtarten entspricht, deren Schwingungszahlen nur wenig von einander verschieden sind. Es sind gleichsam in jedem Atome zwei elektrische Vibratoren von verschiedener Periode in Thätigkeit.

Zeeman, gewappnet mit den modernen Hülfsmitteln, versuchte einer Erscheinung auf die Spur zu kommen, nach der, wie es scheint, schon Faraday, doch ohne Erfolg gesucht hatte. Sollten nicht die von den Magnetpolen ausgehenden Kräfte, deren Wirkung auf einige Lichterscheinungen bekannt war, auch in der Emission des Lichtes einige Veränderung bewirken?

Zeeman fand ein geringes Breiterwerden der Spektrallinien; genaue Erwägungen und Kontrollversuche lehrten ihn, dass dies in der That einem direkten Einfluss der magnetischen Kräfte zugeschrieben werden muss.

Die elektromagnetische Theorie klärte die Erscheinung auf und ermöglichte, die Einzelheiten derselben vorauszusagen. Man wusste schon, welche additionelle Kraft auf ein Ion, das sich im Raum zwischen zwei Magnetpolen bewegt, wirkt, und indem man von einfachen Voraussetzungen ausging — ein einziges Ion, welches, wenn keine magnetischen Kräfte wirken, nach allen Richtungen mit derselben Periode schwingen kann und also eine Spektrallinie giebt — reichte die elementare Mechanik aus, um den Einfluss jener Kraft auf die Schwingungen festzustellen.

Zwischen den Magnetpolen kann das Ion dreierlei Schwingungen mit etwas verschiedenen Perioden ausführen; anstatt eines Tons — dieses Wort möge hier im übertragenen Sinne benutzt werden — erlangt man so drei; jede Spektrallinie, für welche diese Überlegung gilt, muss durch eine dreifache Linie, ein Triplet, ersetzt werden. Ferner müssen in Bezug auf den Polarisationszustand an den Komponenten Eigentümlichkeiten auftreten, welche mit der Art der Bewegungen des Ions, welche die drei Töne hervorrufen, zusammenhängen.

Dies alles wurde durch den Versuch bestätigt. Zwar waren die Natriumlinien nicht fein genug, um bei den zur Verfügung stehenden magnetischen Kräften eine vollkommene Spaltung zu zeigen; die Komponenten bedeckten sich teilweise; aber an den Rändern der verbreiterten Linien konnte doch der durch die Theorie verlangte Polarisationszustand konstatiert werden. Später wurden, zuerst bei einer Kadmiumlinie und darauf in vielen anderen Fällen, reine Triplette gefunden.

Mit grosser Geduld und mit derselben feinen Beobachtungsgabe, womit er hier in Leiden begonnen hatte, hat Zeeman im Amsterdamer Laboratorium sein Werk fortgesetzt. Die Photographie setzte ihn in Stand, die Beobachtungen auch auf die unsichtbaren Linien im ultravioletten Spektrum auszudehnen. Eine Anzahl Naturforscher, deren Aufmerksamkeit durch seine Entdeckung erregt wurde — ich nenne nur Cornu und Becquerel in Paris, Colson in Toulouse, Voigt in Göttingen, Michelson in Chicago und Preston in Dublin —, wetteifern mit ihm auf diesem neuen, ausgedehnten Untersuchungsgebiet.

Ausgedehnt ist es schon wegen der grossen Anzahl von Linien in den Spektren, besonders im ultravioletten Teil. Im Natriumspektrum kommen mehr als 30 Linien vor, im Spektrum des Calciums beträgt die Anzahl über hundert, im Eisen viele Hunderte, und man wird nicht ruhen dürfen, bis man bei all diesen Linien den Einfluss des Magnetismus untersucht hat.

Indes, schon jetzt hat sich ergeben, mit welch einem Reichtum von Erscheinungen man es hier zu thun hat. Während viele Linien in die von der Theorie verlangten Triplets zerfallen, zeigen andere kompliziertere Erscheinungen. Von den zwei gelben Natriumlinien verwandelt sich die eine in ein Triplet, die andere spaltet sich, wie Cornu gefunden hat, in vier Linien. Andere Beobachter fanden in einigen Fällen eine Zerlegung in eine noch grössere Anzahl von Komponenten. Die Theorie ist also, soviel Gutes auch darin enthalten sein mag, weit entfernt vollkommen zu sein. Dass man sich von dem Einfluss der magnetischen Kräfte am leichtesten durch die Vorstellung von schwingenden elektrischen Ladungen Rechenschaft geben und durch passende Voraussetzungen wohl zu etwas anderem als den einfachen Triplets gelangen kann, ist unzweifelhaft; wir haben jedoch noch kein einigermassen befriedigendes Bild des Mechanismus, wodurch z. B. das Quadruplet zu stande kommt.

Das Problem, wovor die Theorie sich hier gestellt sieht, muss noch von einer anderen Seite betrachtet werden. Mit einer Erklärung, die sich allein auf die Veränderungen einer Spektrallinie beschränkt, als wären die anderen nicht da, kann man sich auf die Dauer nicht zufrieden geben. Ein lichtausstrahlendes Atom ist wahrscheinlich ein Ganzes, das die den verschiedenen Spektrallinien entsprechenden Schwingungen zu gleicher Zeit ausführt, ebenso wie ein Tönen der Körper eine gewisse Anzahl Töne hervorbringt. Es gilt, zum Schluss darum ein Bild vom Bau dieses Ganzen und vom Zusammenhang seiner Teile zu entwerfen, das uns klar vor Augen führt, warum gerade die thatsächlich bestehenden Töne und keine anderen hervorgebracht werden. Das Endziel muss sein, eine alle Erscheinungen der Strahlung umfassende Mechanik der schwingenden Atome aufzubauen.

Die Untersuchung der Spektra, an der hier zu Lande die Physiker der Utrechter Universität mit Vorliebe teilgenommen haben, hat schon wichtige Bausteine zusammengebracht. Zahlreich ist die Schar der Forscher, denen keine Spektrallinie wie lichtschwach sie auch sein mag, entgeht, und die jeder Schwingung, auch der von den entferntesten Himmelskörpern kommenden, ihren Platz im Spektrum anweisen. Sie haben nicht nur die Zahl der chemischen Grundstoffe fortdauernd vermehrt und das hypothetische „Helium" der Sonne auf der Erde entdeckt, sondern auch Regel und Ordnung in das Chaos der Spektrallinien gebracht. Viele Spektra sind nach einem gleichen Schema aufgebaut, welches beim Wasserstoff am deutlichsten zum Vorschein kommt. Hier bilden die Linien eine eigentümliche Reihe; sie liegen nicht gleich weit von einander, sondern die gegenseitigen Abstände werden nach dem Ultraviolett zu immer kleiner. Die höheren Töne werden zusammengedrängt, sodass es ist, als ob das Wasserstoffatom oberhalb einer bestimmten Schwingungszahl nicht mehr zu schwingen vermag.

Reihen, die vollkommen dieselbe Eigentümkeit, wie die des Wasserstoffs, zeigen, findet man auch bei anderen Elementen. Die Spektra der einander sehr ähnlichen Elemente Kalium und Natrium enthalten drei solche Reihen von Linien, von denen jedoch eine jede doppelt ist. Bei den Grundstoffen Magnesium, Zink und Kadmium, die ebenso in chemischer Hinsicht nahe mit einander verwandt sind, existieren zwei Reihen; jedoch ist hier jede Linie dreifach.

Obwohl unsere Kenntnisse über die Spektra vieler anderer Elemente noch nicht so weit vorgeschritten sind, erwecken doch die gefundenen Regelmässigkeiten und die grosse Ähnlichkeit zwischen den Spektren einiger Elemente alle Hoffnung, dass auch die hier obwaltenden Beziehungen einmal aufgeklärt werden; vielleicht wird uns schon ein einziger glücklicher Einfall dem Ziele näher bringen. Soweit man das bis jetzt beurteilen kann, hat man mit der elektromagnetischen Theorie die meisten Aussichten, diese Fragen zu lösen.

Wird ihr dies gelingen, dann wird sie auch für den Chemiker ein bescheidener, aber doch nicht zu unterschätzender Bundesgenosse werden. Schon jetzt stehen die bei der Untersuchung der Spektra gewonnenen Resultate mit den allgemeinen Ansichten in Einklang, zu denen uns die Untersuchungen über die Atomgewichte und deren Zusammenhang mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Grundstoffe geführt haben. Wenn etwas aus den hierbei gefundenen Thatsachen und Beziehungen geschlossen werden darf, so ist es wohl das, dass man sich die Atome nicht als Körper, an denen keine Teile zu unterscheiden sind, vorstellen darf. Sie müssen eine Struktur besitzen, ähnlich bei verwandten Elementen, und um so komplizierter, je grösser das Atomgewicht ist. Von diesem inneren Bau haben wir in den Spektren die Abspiegelung. Die drei Reihen Doppellinien bei Kalium und Natrium müssen von analogen Eigenschaften der Atome dieser Metalle herrühren; die Hunderte von Linien im Eisenspektrum legen uns den Gedanken an eine Organisation, wenn ich es so nennen darf, nahe, die viel höher als die des Wasserstoffs, Kaliums und Natriums ist.

Die Ausführungen, die ich mir erlaubt habe Ihnen vorzutragen, machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit; auch habe ich Ihnen nicht durch eine historische Übersicht zeigen wollen, wie sich die Gedanken über den Zusammenhang

zwischen den elektrischen Wirkungen und anderen Erscheinungen allmählich entwickelt haben.

Wie alles sich zum Ganzen webt,
Eins in dem andern wirkt und lebt,

das haben alle grossen Forscher tief unter der Oberfläche der Dinge schauen wollen und manchmal instinktiv gefühlt. Hören Sie Berzelius in seinem „Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität" von 1814. „Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse," so sagt er, „ist die wahrscheinlichste Erklärung des Verbrennens und des dabei entstehenden Feuers die: dass bei jeder chemischen Vereinigung eine Neutralisation entgegengesetzter Elektrizitäten vor sich geht, und dass bei dieser Neutralisierung das Feuer ganz auf dieselbe Weise entsteht, wie es bei Entladung der elektrischen Flasche, der elektrischen Säule und der Gewitterwolke hervorgebracht wird."

Vermessen scheinen uns die Worte, und wir begreifen kaum, wie Berzelius sie hat aussprechen dürfen, und doch, wer weiss, ob man sie nicht buchstäblich unterschreiben kann? Es ist wahr, die elektrochemische Theorie, welche der grosse Naturforscher aufstellte, konnte nur während einiger Jahrzehnte die Chemie in ihrer Entwickelung leiten. Aber, als sie anderen Auffassungen das Feld räumen musste, da hatten schon die Entdeckungen von Faraday über die Zerlegung von Salzen durch den galvanischen Strom den unumstösslichen Beweis für den innigen Zusammenhang zwischen Elektrizität und chemischen Kräften geliefert, wenn auch in anderer Form, als sich das Berzelius vorgestellt hatte. In den Salzlösungen sind die Atome, welche der Strom von einander trennen wird, mit elektrischen Ladungen ausgestattet, und es existiert somit jedenfalls eine Klasse von Verbindungen, in denen die aneinander geketteten Bestandteile die Träger von positiven und negativen Ladungen sein müssen, und zwar so, dass jeder Valenz stets eine Ladung von einem ganz bestimmten Betrage entspricht. Dehnen sie dies auf alle chemischen Verbindungen aus — Helmholtz sprach diesen Gedanken in seiner Gedächtnisrede auf Faraday 1881 aus —, und wir sind nicht mehr weit von Berzelius entfernt. Übrigens sind, wenn ich mich nicht täusche, seine Ideen nie ganz verlassen worden. Dass zwischen sich mit einander verbindenden Elementen ein gewisser Gegensatz besteht, hat man noch lange mit den Worten elektropositiv und elektronegativ angedeutet; und die Thatsache der Sättigung, ich meine, dass zwei Atome, die sich mit einander verbunden haben, ein drittes nicht mit verdoppelter Kraft anziehen, sondern gegen dasselbe indifferent geworden sind, legt den Gedanken an so etwas wie eine Neutralisierung entgegengesetzter Eigenschaften nahe.

Vielleicht wird noch einmal eine elektrochemische Theorie in verjüngter Form und begründet auf eine hundertmal reichere Erfahrung, als sie Berzelius zu Gebote stand, aufs neue eine Richtschnur für chemische Untersuchungen werden.

Inzwischen setzen die Physiker ihre Entdeckungsfahrten in der Welt der Ionen fort. Sie wagen sich, und zwar nicht ohne Erfolg, an Spekulationen über das Verhältnis zwischen den grossen Ionen, ganzen Atomen oder Atomgruppen von Faraday und den kleinen Ionen, Bruchteilen eines Atoms, die bei den Lichterscheinungen im Spiele sind. Sie glauben diese letzteren zwischen anderen in den elektrischen Entladungserscheinungen wieder zu erkennen, und bestimmen die Geschwindigkeit, mit der sie in den Kathodenstrahlen fortfliegen. Und, wie uns die Ionentheorie näher zu Berzelius gebracht hat, so lässt sie auch wieder alte Ideen von Wilhelm Weber aufleben, und führt zu Versuchen, um den Mechanismus der Wärme- und Elektrizitätsleitung in Metallen und den Einfluss von magnetischen Kräften auf diese Erscheinungen zu ergründen.

Sind auch die auf äusserst kleine Abstände wirkenden Molekularkräfte und die Schwerkraft oder die allgemeine Anziehungskraft, welche die Körper nach der Erde fallen lässt und das Planetensystem in Ordnung hält, elektromagnetischen Ursprungs? Was die ersteren anbetrifft, so liegen einige Gründe, welche zu Gunsten dieser Annahme sprechen, vor. Gewisse Erscheinungen, die mit der Aberration des Lichts in Zusammenhang stehen, scheinen zu beweisen, dass die Intensität der molekularen Kräfte eine kleine Veränderung erfährt, wenn ein Körper sich durch den Äther hin fortbewegt, und zwar von einem Betrage, der durch das Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit der Bewegung und der, womit sich elektromagnetische Gleichgewichtsstörungen fortpflanzen, bestimmt wird. Dass diese letztere Geschwindigkeit hier in Frage kommt, kann man nur begreifen, wenn man sich vorstellt, dass der Äther bei den molekularen Wirkungen in ähnlicher Weise beteiligt ist, wie bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Über die Schwerkraft will ich nur eins bemerken. Die Thatsache, mit der wir auf den Schulbänken unsere Physik begannen, nämlich dass alle Körper im luftleeren Raum gleich schnell fallen, ist einer der deutlichsten Zeichen für die Gleichheit der fundamentalen Eigenschaften, der Einheit aller wägbaren Materie; sie wird erst dann verstanden werden können, wenn man sich von dem Wesen der Materie eine nähere Vorstellung gebildet hat. Hier giebt es nur zwei Möglichkeiten. Entweder sind die positiven und negativen Ladungen, welche die elektromagneti-

sche Theorie in den Atomen voraussetzt, nur etwas unwesentliches ohne welches man sich die Materie ganz gut vorstellen kann; dann werden zwei Teilchen des ponderablen Stoffes sich gegenseitig anziehen können in einer Weise, die mit den zwischen den Ladungen wirkenden Kräften nichts gemein hat. Oder aber die elektrischen Ladungen sind untrennbare Attribute des wägbaren Stoffs; in diesem Fall kann auch die Schwerkraft nicht als etwas ganz Fremdes den elektromagnetischen Kräften gegenüber stehen.

Vorläufig stösst eine elektromagnetische Auffassung der allgemeinen Anziehungskraft auf die grosse Schwierigkeit, dass, soweit wir wissen, alle elektromagnetischen Wirkungen sich mit der Geschwindigkeit des Lichts fortpflanzen, während die astronomischen Erscheinungen lehren, dass, wenn überhaupt von einer nicht augenblicklichen Wirkung der Schwerkraft die Rede sein kann, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit jedenfalls als viel grösser als die des Lichtes vorausgesetzt werden muss.

Wir stehen hier, wie in so manchen anderen Fällen, vor schwierigen und für den Augenblick unlösbaren Problemen. Dass spätere, mit ausgedehnteren Kenntnissen und mit entwickelterem Denkvermögen, als uns zuteil geworden ist, ausgestattete Geschlechter der Enträtselung näher kommen werden, daran brauchen wir nicht zu zweifeln, wenn wir auch augenblicklich nicht wissen, welche Gestalt die Theorien dann angenommen haben werden und was von den Hypothesen übrig geblieben sein wird, in denen wir jetzt befriedigende Ruhepunkte für unseren Geist finden.

Auch an der Bedeutung der Theorie für spätere Geschlechter dürfen wir nicht zweifeln. Eine nicht unabsehbar weite Zukunft wird ganz andere Verhältnisse bringen, als diejenigen sind, in denen wir augenblicklich leben. Mit gieriger Hand, als ob der Schatz unerschöpflich wäre, hat das 19. Jahrhundert aus dem Energievorrat geschöpft, welchen die Natur uns zur Verfügung gestellt hat. Unbegrenzt ist der Reichtum jedoch keineswegs. Es ist kaum denkbar, dass noch viele Jahrhunderte verlaufen werden, bis die Steinkohlenlager in allen Teilen der Erdkugel aufgespürt und in Arbeit genommen sind, und früher oder später kommt die Zeit, wo die Erschöpfung der Minen und das Bedürfnis nach anderen Quellen der Energie ernste Fragen für die Menschheit sein werden. Was dann auch ferner geschehen möge, wir dürfen glauben, dass eine tiefe und klare Einsicht in die ihn umgebende Welt dem Menschen in späteren Zeiten mehr als je nötig sein wird.

Aber nur für einen Augenblick wollen wir unser Auge in die dunkle Zukunft schweifen lassen; es giebt in der Gegenwart noch genug, was unsere Hand zu thun findet. Schön ist es, Wahrheit zu suchen, Wissenschaft zu verbreiten und, wenn es sein kann, zu vermehren. Wir älteren, die wir einen längeren oder kürzeren Teil unseres Lebens dem Dienste der Hochschule haben widmen dürfen, wir schätzen uns glücklich, dass uns diese Pflicht auferlegt ist. Und an diesem ihrem Festtage wollen wir der Universität danken für die Erweiterung unseres Gesichtskreises, für die Unterstützung unserer Bestrebungen, für die Ermutigung und Anregung zur Arbeit, die sie uns geschenkt hat.

(Aus dem Holländischen übersetzt von G. C. Schmidt, Eberswalde.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

E. Bouty, Die Gase als Dielektrika. 24 Seiten.

Entsprechend der Natur eines Berichtes enthält die Arbeit über gasförmige Dielektrika der Hauptsache nach eine Zusammenfassung der Resultate der bisherigen Untersuchungen auf dem bezeichneten Gebiete, an denen der Verfasser auch einen Anteil hat. — Zur vollkommenen Charakterisierung eines Körpers in dielektrischer Hinsicht ist einmal sein dielektrisches Vermögen (Dielektrizitätskonstante) sodann dessen Grenze, d. h. das, was Maxwell „electrical strength" genannt hat, zu betrachten. Über die Dielektrizitätskonstante der Gase liegen bis jetzt erst sehr wenige Arbeiten vor. Faraday, der zuerst die Rolle der Isolatoren bei der elektrostatischen Induktion erkannte, hat auch dielektrische Messungen an Gasen zuerst versucht, freilich noch ohne Erfolg. Eine erfolgreiche Messung konnte erst ausgeführt werden, als man durch die von Maxwell aufgefundene Beziehung zwischen optischem und dielektrischem Brechungsindex einen Anhalt für die zu erwartenden Werte bekam, und zwar verdankt man Boltzmann (1875) die ersten Resultate. Seine Methode, ebenso wie die der späteren Beobachter Ayrton und Perry (1877), Klemenčič (1885), Lebedew (1891) ist die Kapazitätsmessung eines Kondensators, in den das

zu untersuchende Gas eingeleitet wird. Wie diese von den genannten Forschern realisiert wurde, kann hier übergangen werden, bemerkenswert sind aber die erhaltenen Resultate. Boltzmann und Klemenčič überzeugten sich zunächst davon, dass für alle Gase die um 1 verminderte Dielektrizitätskonstante proportional dem Drucke ist. Weiter stellte sich heraus, dass zwar z. B. für eine Anzahl schwer kondensierbarer Gase die Maxwellsche Beziehung erfüllt ist, dass dies im allgemeinen aber durchaus nicht der Fall ist. Die Messungen beider Beobachter stimmen übrigens, soweit sie sich auf dieselben Gase erstrecken, vorzüglich überein. [Die von Bouty (S. 7) gegebene Tabelle enthält einen Fehler, der sich auch in die folgenden Textzeilen eingeschlichen hat: die unter SO_2 angegebenen Zahlen beziehen sich auf CS_2, SO_2 hat $K = 1.009548$ nach Klemenčič, $n^2 = 1,001372$ nach Ketteler, gehorcht also der Maxwellschen Beziehung nicht. Der Referent.] Lebedew fand für eine Reihe organischer Dämpfe die Dielektrizitätskonstanten auch meist beträchtlich grösser als n^2. Bemerkenswert ist, dass für alle Substanzen, soweit deren Dielektrizitätskonstanten im flüssigen und gasförmigen Zustande bekannt sind, die Maxwellsche Gleichung in beiden Aggregatzuständen gleichzeitig erfüllt oder gleichzeitig nicht erfüllt ist. — Ayrton und Perrys Resultate lässt der Verfasser unerwähnt, wohl wegen ihrer Unsicherheit.

Die genannten Messungen können noch zur Verifikation einer Beziehung benutzt werden, die die Dielektrizitätskonstante eines Körpers in verschiedenen Zuständen verknüpft, der Formel von Clausius und Mossotti, wonach

$$\frac{K-1}{K+2}\frac{1}{d} = \text{konst.}$$

(K ist die Dielektrizität, d die Dichte) welche im Falle der Giltigkeit der Maxwellschen Gleichung auf die Lorentzsche Formel

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{1}{d} = \text{konst.}$$

führt. Für Dichteänderung durch Druck war die Formel für Gase schon von Boltzmann und Klemenčič als giltig erkannt. Messungen bei verschiedenen Temperaturen lagen dem Autor noch nicht vor. (Versuche des Referenten machen hier die Giltigkeit nur für den Fall $n^2 = K$ wahrscheinlich.) Für Dichteänderung bei Änderung des Aggregatzustandes haben Lebedew, Linde und Hasenöhrl Berechnungen durchgeführt und gefunden, dass im allgemeinen die Clausiussche Formel streng nur im Fall $n^2 = K$ gilt, sonst aber, wenigstens bei der Berechnung vom flüssigen auf den Gaszustand wenigstens der Grössenordnung nach richtige Resultate liefert.

Sieht man von einer Beziehung zur Valenzsumme des Moleküls ab, die von R. Lang für die Dielektrizitätskonstanten der Gase aufgestellt wurde, die aber ohne Willkür nicht zu halten ist, so ist die einzige einigermassen durchführbare Theorie die von Clausius und Mossotti. Aber auch sie leidet an einer Schwierigkeit. Abgesehen von den obigen Abweichungen bleibt es schwer verständlich, wie die in schneller Bewegung befindlichen und leitend vorausgesetzten Moleküle der Gase zusammen ein vorzüglich isolierendes Mittel bilden können, ein Bedenken, dass Bouty für noch nicht einwandfrei lösbar hält.

Der zweite Teil behandelt die Grenzen des dielektrischen Vermögens, d. h. unsere Kenntnisse von den Entladungspotentialen. Auch auf diesem Gebiete war Faraday der erste, der Messungen versucht hat. Seine vergleichenden Bestimmungen der elektrischen Festigkeit verschiedener Gase sind natürlich noch recht ungenau, indessen ist die Beseitigung der zahlreichen Störungen der Messung auch neueren Beobachtern noch nicht geglückt. Die als Beispiel angeführten Messungen von Baille, Liebig und Paschen über die Funkenpotentiale in CO_2 und H_2, die sehr grosse Verschiedenheiten zeigen, sind allerdings durch die vom Verfasser nicht erwähnten Versuche von A. Orgler (Ann. d. Phys. 1, 173, 1900) insofern entwertet, als es diesem gelang durch Bestrahlung der Elektroden mit ultraviolettem Lichte Resultate von guter Konstanz zu bekommen. Nach diesem Beobachter beruht die Inkonstanz der früher gefundenen Werte nur auf der Verzögerung der Entladung, die allein durch ultraviolettes Licht gehoben werden kann. Verfasser sucht die Hauptstörung der Messung in der Natur der Elektroden. Eine Messung ohne Elektroden ist zuerst von J. J. Thomsen ausgeführt worden, der die Lichterscheinungen einer elektrodenlosen Röhre mit verdünntem Gas im elektrischen Wechselfelde beobachtete, und bei so ausgeführten Leitfähigkeitsbestimmungen ganz beträchtliche Werte für verdünnte Gase fand. Demgegenüber stehen Versuche von J. Moser wonach bei mässigen Feldstärken auch verdünnte Luft zwischen Kondensatorplatten sich wie ein Dielektrikum verhält, und Warren de la Rue und Hugo Müller fanden bei mit Elektroden ausgeführten Versuchen bei H_2 unter sehr geringem Drucke stets ein Entladungspotential, welches übrigens bei 0,642 mm Hg durch ein Minimum hindurch ging. J. J. Thomsen suchte den Grund des Widerspruchs, dass ein Gas sich im elektrodenlosen Rohr wie ein Leiter, zwischen Elektroden, wenigstens bei mässiger Feldstärke wie im Dielektrikum verhält, in einem spezifischen Widerstand gegen den Übertritt der Elektrizität vom Gas zum Metall. Da er jedoch nur bei höheren Spannungen gemessen

hat, bleibt es fraglich, ob die Leitfähigkeit im elektrodenlosen Rohr auch bei den geringsten Potentialen bestehen bleibt. Hierüber hat der Verf. selbst Versuche unternommen (1899). Er konstatierte die Leitfähigkeit eines in eine Röhre eingeschlossenen Gases der Art, dass es, wie jeder Leiter, zwischen die Platten eines Kondensators gebracht, dessen Kapazität erhöht. Er fand für jeden Druck einen Grenzwert der Feldstärke, unterhalb dessen das Gas vollständig isolierte. Für diese Grenzwerte schlägt er die Bezeichnung „cohésion diélectrique" vor, während Maxwells „electrical strength" nur für mit Elektroden gefundene Werte gebraucht werden soll. Diese dielektrische Kohäsion lässt sich dann nach dem Verf. durch folgende Druckfunktion darstellen:

$$A + Bp + \frac{C}{p^2}.$$

Für höhere Drucke, wo der Koeffizient B massgebend ist, hat die Grösse der dielektrischen Kohäsion für verschiedene Gase dieselbe Reihenfolge, wie deren Dielektrizitätskonstante.

Zum Schluss versucht der Verf. noch eine mechanische Vorstellung von dem Übergang eines Gases aus dem isolierenden in den leitenden Zustand zu geben. Anscheinend sind ihm dabei die neuen Untersuchungen von W. Kaufmann (Ann. d. Phys. **2**, 159, 1900), über die elektrodynamischen Eigenschaften der Gase unbekannt geblieben, in denen sich eine wesentlich neue und klärende Anschauung über den Gegenstand vorfindet. Bouty lässt zwei Hypothesen als möglich zu: Ist der bez. Übergang eine Art Aggregatzustandsänderung, so muss er mit Temperatur und Druck veränderlich sein, wie in der That der Fall, und die Differenzen der gefundenen Übergangsdrucke wären als eine Art Verzögerungserscheinung (wie z. B. die Unterkühlung) aufzufassen. Das Bild Maxwells vom Äther als einem im elektrischen Felde elastisch gespannten Medium, dessen Elastizitätsgrenze bei der kritischen Feldstärke gerade überschritten wird, würde dagegen folgende Auffassung zulassen: die ersten materiellen Moleküle eines sehr verdünnten Gases stören die Kontinuität des Äthers und damit seine Elastizität sehr beträchtlich, bei höheren Gasdrucken kommt dann eine der Materie eigene neue Elastizität durch die Anhäufung der Moleküle als wieder verstärkte dielektrische Kohäsion zur Geltung. Beide Auffassungen sind natürlich nichts mehr als Bilder, auch lassen sie die Rolle der Elektroden noch unerklärt, die der Verfasser als eine Wirkung der Polarisation auffasst. Ob allerdings eine solche Erscheinung nicht auch an der Glaswand seiner elektrodenlosen Röhren auftreten kann, bleibt mindestens zweifelhaft.

Alles in allem lässt sich sagen, dass unsere Kenntnisse über die gasförmigen Dielektrika noch bei weitem nicht zureichen, um mit Sicherheit in den Mechanismus der Erscheinungen einzudringen, dass also alle Anschauungen darüber durchaus hypothetisch bleiben müssen.

K. Bädeker.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

G. van der Mensbrugghe, Über die Kapillarerscheinungen. 24 Seiten.

In den verschiedenen Theorieen der Kapillarität wird die Flüssigkeit entweder als durchaus homogen angenommen (Laplace, Gauss) oder eine Oberflächenschicht von grösserer oder geringerer Dichte, als im Innern der Flüssigkeit, vorausgesetzt (Hagen, Poisson).

Van der Mensbrugghe zieht die Folgerungen, die sich aus der sehr vollkommenen Druck- und Zugelastizität der Flüssigkeiten, die er durch eine grosse Anzahl bekannter Thatsachen belegt, für die Theorie der Kapillarität ergeben, begründet darauf eine neue Theorie der Ausbreitung einer Flüssigkeit auf einer zweiten und der Emulsionsbildung und beschreibt endlich einige Erscheinungen, die durch Flüssigkeitsstrahlen in einer zweiten Flüssigkeit hervorgerufen werden.

Er geht davon aus, dass eine schwere Flüssigkeit von überall gleicher Dichte sich nicht im Gleichgewicht befinden kann, da die elastische Kraft mit zunehmendem Abstande von der Oberfläche wächst, zwar nur um kleine Beträge, die aber ausreichend sind, beträchtliche mechanische Wirkungen hervorzubringen. In einer Oberflächenschicht von gewisser Dicke nimmt die elastische Kraft, die der Wechselwirkung der Moleküle das Gleichgewicht hält, ab mit der Annäherung an die Oberfläche selbst, und infolgedessen entfernen sich die Moleküle um so mehr von einander, je näher sie der Oberfläche liegen.

Daraus folgen die Erscheinungen der Oberflächenspannung und der Verdampfung.

Aus dem Streben der Oberflächenschichten, sich zusammenzuziehen, ergiebt sich auch ein Widerstand gegen eine Verschiebung derselben nach irgend einer Richtung, der eine sehr beträchtliche Grösse erreicht und den von Ingenieuren vielfach beobachteten Widerstand an der Oberfläche grosser Wasserströme erklärt, da die Oberflächenschichten gleichzeitig infolge der Verdampfung einer fortwährenden Erneuerung unterworfen sind. Die aus dem Innern an die Oberfläche tretenden Schichten erwerben dort eine potentielle Energie, die sie vorher

nicht besassen, und zwar auf Kosten der kinetischen Energie.

Die Schlussfolgerungen, welche zu der Annahme einer Dichteabnahme in der Oberflächenschicht nach aussen zu führen, gelten nicht nur für flüssige, sondern auch für feste Körper, und erklären die Versuche von Spring über das Zusammenschweissen von Metallstücken bei Temperaturen weit unterhalb ihres Schmelzpunktes.

An der Grenzfläche zweier Flüssigkeiten wirken drei Kräfte: die Kontraktionskräfte F_1 und F_2, die an der freien Oberfläche jeder der beiden Flüssigkeiten auftreten, und eine Kraft F_{12}, die von der Wechselwirkung derselben herrührt; die Gesamtkraft an der Grenzfläche ist $F_1 + F_2 - 2 F_{12}$. Tritt an die Stelle der zweiten Flüssigkeit ein fester Körper, so ist $F_2 = 0$ zu setzen und in der Grenzfläche besteht eine kontrahierende Oberflächenspannung, wenn $F_1 > 2 F_{12}$ (Quecksilber und Glas); ist $F_{12} > F_1$ so wirkt in der Grenzfläche eine dehnende Zugkraft, die die Oberflächenspannung übersteigt, die Flüssigkeit breitet sich auf dem festen Körper aus (Wasser auf reiner Glasoberfläche); für $F_{12} = F_1$, wird die dehnende Kraft gleich der Oberflächenspannung (Flüssigkeit in Berührung mit einem mit derselben Flüssigkeit benetzten festen Körper); für $\frac{1}{2} F_1 < F_{12} < F_1$ ist die dehnende Kraft E kleiner, als die kontrahierende Oberflächenspannung F_1 und es bildet sich ein Randwinkel i, dessen Grösse gegeben ist durch $\cos i = \frac{E}{F_1}$.

Durch diese Festsetzungen erklärt Verfasser sowohl die bekannten Versuche von Quincke, wie auch eigene im Jahre 1889 beschriebene Versuche.

Wenn im Falle zweier Flüssigkeiten die Wechselwirkung F_{12} klein ist (Wasser und Olivenöl), so ist der Ausdruck $F_1 + F_2 - 2 F_{12}$ positiv und stellt eine Kraft dar, die genau wie F_1 oder F_2 an der freien Oberfläche wirkt.

Wenn aber eine wirkliche Affinität zwischen den beiden Flüssigkeiten besteht (Wasser und Alkohol, Äther und Öl) so kann $2 F_{12} > F_1 + F_2$ werden und die Grenzfläche hat das Bestreben zu wachsen, es wirkt in ihr eine dehnende Kraft.

Nach Marangoni, Lüdtge und Quincke soll die Bedingung dafür, dass eine Flüssigkeit 2 sich auf einer anderen 1 ausbreitet, sein: $F_1 > F_2 + F$, wo F die Kontraktionskraft in der gemeinsamen Grenzfläche; diese Bedingung ergiebt nach obigem, wenn $F = F_1 + F_2 - 2 F_{12}$ gesetzt wird, $F_{12} > F_2$, d. h. die Wechselwirkung zwischen den beiden Flüssigkeiten muss grösser sein, als die Oberflächenspannung der sich ausbreitenden.

Ebenso erfolgt die Ausbreitung der Flüssigkeit 1 auf der Flüssigkeit 2, wenn $F_{12} > F_1$. Wenn die Affinität zwischen den beiden Flüssigkeiten sehr gross ist, können beide Bedingungen erfüllt sein, und es breitet sich dann jede von ihnen auf der anderen aus. Das hat Verf. in der That schon 1890 beobachten können mit Olivenöl und 1/4 Proz. wässriger Ätznatronlösung, sowie auch mit anderen Ölen und basischen Lösungen.

Auch die Beobachtungen von Gad über spontane Emulsionsbildung beim Einbringen von fettsäurehaltigen Öltropfen in alkalische Lösungen sind auf den durch die chemische Wirkung bedingten grossen Wert von F_{12} für die beiden Flüssigkeiten zurückzuführen. An jeder Stelle, wo die chemische Wirkung eintritt, wird die Oberflächenspannung der Grenzschicht durch eine dehnende Kraft ersetzt, die um so stärker wirkt, je kleiner der Krümmungsradius an der betreffenden Stelle ist. Diese Wirkung verschwindet mit dem Aufhören der chemischen Reaktion, um an anderer Stelle wieder aufzutreten.

Auch die Beobachtungen von Brücke und Bütschli über die Struktur des Protoplasmas bestätigen diese Auffassung.

Aus ähnlichen Gründen wird ein Strahl einer Flüssigkeit in einer zweiten nicht in Tropfen aufgelöst, wenn F_{12} für die beiden Flüssigkeiten hinreichend gross ist. Verf. beschreibt einen Versuch, der diese Folgerung bestätigt.

A. Heydweiller.

(Eingegangen 28. Juli 1900.)

Marcel Brillouin, Hängt die Diffusion der Gase ohne poröse Wand von der Konzentration ab? 12 Seiten.

Waitz und v. Obermayer hatten bei ihren bekannten Versuchen über die freie Diffusion der Gase eine zeitliche Änderung des aus den Versuchen berechneten Diffusionskoeffizienten gefunden und diese, in Übereinstimmung mit theoretischen Überlegungen von O. E. Meyer auf die Änderung des Mischungsverhältnisses der beiden diffundierenden Gase mit fortschreitender Diffusion zurückgeführt.

Brillouin bestreitet die Richtigkeit dieser Erklärung und führt die beobachteten Unregelmässigkeiten auf die Art und Weise zurück, wie zu Beginn des Versuchs die Verbindung der beiden Gase hergestellt wird, die auf alle Fälle experimentell nachweisbare Störungen einführt.

Er zeigt, dass bei den Versuchen von Waitz durch eine für die verschiedenen Beobachtungsreihen verschieden grosse Verlegung des An-

fangspunktes der Zeit um 10—24 sec nicht nur die Einzelreihen in eine weit bessere Übereinstimmung miteinander gebracht werden, sondern auch die von Waitz gefundene starke Abnahme des Diffusionskoeffizienten mit fortschreitender Diffusion zum grössten Teile verschwindet. Eine noch bessere Konstanz des Diffusionskoeffizienten erhält man, wenn man die weitere von Waitz gemachte Annahme fallen lässt, dass zu Beginn der Diffusion der Druck des schwereren Gases in der ganzen oberen Grenzebene, in der es mit dem leichteren Gase in Berührung tritt, auf Null sinkt, eine Annahme, die Brillouin für praktisch nicht realisierbar hält. Eine kleine Verlegung dieser Ebene um 2 mm nach aussen führt zu einem nahe konstanten und mit v. Obermayers Beobachtungen gut übereinstimmenden Werte des Diffusionskoeffizienten.

v. Obermayer hatte entgegengesetzte Abweichungen des Diffusionskoeffizienten, eine Zunahme desselben mit der Zeit gefunden, in übrigens viel geringerem Betrage, als Waitz; Brillouin zeigt, dass auch die von v. Obermayer seinen Berechnungen zu Grunde gelegten Annahmen nicht genau erfüllt sind und die erwähnten Abweichungen wohl erklären können.

A. Heydweiller.

(Eingegangen 28. Juli 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

III. Das Bremer-Licht.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

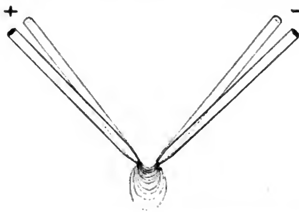
Auf dem Gebiete elektrischer Beleuchtung erregt neben den im Pavillon der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft ausgestellten Nernstlampen besonders das Bremer-Licht Aufsehen. Die Bremersche Bogenlampe ist im Elektrizitätspalast, Klasse 25, von der „Eos, Aktiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, System Bremer" ausgestellt. Ausserdem befindet sich eine Lampe gleicher Konstruktion, welche durch ihr rötliches Licht und ihre enorme Helligkeit besonders auffällt, in etwa 100 m Höhe am Eiffelturm angebracht.

Bekanntlich haben die bisherigen Durchtränkungsversuche der Kohlen wohl zu einer Beruhigung des Lichtbogens, keineswegs aber zu einer Änderung des bläulich-violetten Lichtes oder gar zu einer grösseren Lichtausbeute führen können.

H. Bremer in Neheim a. d. Ruhr erzielt durch einen 20—50prozentigen Zusatz nichtleitender Metallsalze (Calcium-, Silicium- oder Magnesium-Verbindungen) ein gelblich-rötliches Licht und eine bedeutend höhere Lichtausbeute wie bisher. Nach Mitteilungen Professor Weddings auf der 8. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker in Kiel beträgt der spezifische Verbrauch bei der Bremerlampe nur 0,17 Watt pro Kerze, d. i. nur $\frac{1}{3}$ desjenigen bei den bisher gebräuchlichen Bogenlampen.

Auch die Konstruktion der Bremer-Bogenlampen weicht von der der letzteren in mancher Beziehung ab.

Zunächst fehlt die übliche, ziemlich umständliche Reguliervorrichtung der Kohlenstifte. Jeder Pol besteht hier aus zwei Kohlenstiften, die unter einem spitzen Winkel gegeneinander stehend, durch ihr Eigengewicht bis zur Berührungsstelle hinuntergleiten. Diese Berührungsstelle beider gleichnamigen Kohlen bleibt demnach immer am gleichen Orte, auch wenn die Länge der einzelnen Kohlen sich infolge des Abbrennens vermindert. Beide Kohlenpaare stehen ausserdem in einem rechten Winkel zu einander, derart, dass die Flammenbogenstrecke zwischen ihnen horizontal liegt (siehe Skizze). Der horizontal liegende Flammenbogen erleidet aber durch den die Kohlenstifte durchfliessenden Strom eine Abstossung nach unten, so dass der Lichtbogen sich fächerartig ausbreitet.



Anordnung der Kohlen bei der Bremer-Bogenlampe.

Bei der Zündung wird mit Hilfe eines Elektromagneten das eine Kohlenstiftpaar gegen das andere bewegt.

Der Kohlenverbrauch der neuen Lampe soll etwa doppelt so gross sein als bei den bisherigen Bogenlampen, doch kann dies in Anbetracht der vorteilhafteren Stromausnutzung nur wenig in Betracht kommen.

Während bei den bisherigen Bogenlampen die weitaus grösste Lichtmenge von der weissglühenden Kohle herrührt und nur wenige Prozente der gesamten Lichtstrahlung von dem Flammenbogen selbst stammen, entwickelt bei der neuen Lampe der fächerartig ausgebreitete Lichtbogen selbst eine bedeutende Lichtmenge.

Durch seine rötliche Färbung verliert das Bogenlicht seinen bisherigen kalten Ton. Ihre Anwendung dürfte die neue Bremer-Lampe hauptsächlich auf Leuchttürmen, für Scheinwerfer etc. finden, da von Professor Wedding angestellte Versuche ergeben haben, dass das Licht derselben infolge seiner grösseren Wellenlänge Wasserdampf und Nebel auf die doppelte Entfernung zu durchdringen vermag als das bisherige bläulich-violette Bogenlicht.

Paris, Juli 1900.

(Eingegangen 25. Juli 1900.)

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen in Berlin.

Ein Naturwissenschaftlicher Ferienkursus wird in den Tagen vom 3. bis 13. Oktober für Lehrer höherer Schulen im Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin unter der Leitung des Direktors Professor Dr. Schwalbe abgehalten werden. Folgende Vorträge werden gehalten werden:

1. Professor Dr. Rubens: „Über den Einfluss der verschiedenen Strahlengattungen (Becquerelstrahlen, Röntgenstrahlen, ultraviolettes Licht u. s. f.) auf elektrische Entladungen."

2. Professor Dr. van't Hoff: „Die Stassfurter Salzvorkommnisse vom physikalisch-chemischen Standpunkte."

3. Professor Dr. Warburg: „Über magnetische Hysterese."

4. Dr. Spiess: „Über flüssige Luft mit Rücksicht auf die Verwendbarkeit zu Schulversuchen."

5. Professor Dr. Poske: „Zur Methodik des physikalischen Unterrichts."

6. Geheimer Ober-Regierungsrat Professor Dr. von Bezold: „Zur Theorie des Erdmagnetismus."

7. Professor Dr. Scymanski: „Schulversuche über elektrische Wellen."

8. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Slaby: „Die Telegraphie ohne Draht, mit Demonstrationen."

9. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Schwendener: a) „Die Flugapparate der Früchte und Samen"; b) „Das Winden und Klettern der Pflanzen."

10. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Möbius: „Bau und Lebensweise der Cetaceen unter Erklärung der in der Schausammlung des Museums für Naturkunde aufgestellten anatomischen und biologischen Präparate."

11. Professor Dr. Wahnschaffe: „Über die Endmoräne Norddeutschlands."

12. Dr. Potonié: „Über die durch Pflanzenfossile gegebenen Belege für die fortschreitende, höhere Organisation der Pflanze."

Tagesereignisse.

In Paris wurde das Standbild Lavoisiers hinter der Madeleinekirche, gegenüber seinem einstigen Wohnhause, enthüllt.

Personalien.

An der Universität zu Breslau habilitierte sich Dr. E. Bose für Physik.

Der Privatdozent für Mathematik an der Technischen Hochschule zu Stuttgart Dr. E. Wölffing wurde zum Professor ernannt.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität zu Tübingen Dr. W. Küster wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Der ordentliche Professor der Physik Dr. L. Pfaundler an der Universität zu Graz wurde zum Hofrat ernannt.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität zu Lausanne Dr. L. Pelet wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Der Privatdozent Dr. H. Fehr wurde zum ordentlichen Professor der Geometrie und Algebra an der Universität in Genf ernannt.

Der Realschulprofessor Dr. Theod. Schmid in Wien wurde zum ausserordentlichen Professor der darstellenden Geometrie an der technischen Hochschule daselbst ernannt.

In München habilitierte sich Dr. Georg Rhode für allgemeine Chemie.

In Kopenhagen starb der Chemiker Professor Johann Kjeldahl, 50 Jahre alt.

Dem Honorarprofessor für angewandte Thermodynamik an der Technischen Hochschule in München, Dr. Karl v. Linde, wurde der Titel und Rang eines ordentlichen Professors dieser Hochschule verliehen.

Zum Wintersemester treten in den Lehrkörper der Universität Freiburg i. B. ein: Dr. Gattermann-Heidelberg als ordentlicher Professor der Chemie, und Dr. Königsberger-Heidelberg als Privatdozent der Physik.

Der Professor der mechanischen Technologie an der Technischen Hochschule in Stuttgart, Johann Zeman, ist gestorben.

Der Professor der Chemie an der Universität zu Würzburg Dr. J. Tafel erhielt von der Akademie der Wissenschaften in Berlin zur Fortsetzung seiner Arbeiten über die elektrolytische Reduktion 1000 Mk. Subvention.

Zum stellvertretenden Vorsteher des elektrotechnischen Laboratoriums der Technischen Hochschule zu Charlottenburg ist Professor Dr. W. Wedding ernannt worden. Vorsteher des Laboratoriums ist Geh. Regierungrat Professor Slaby.

Die Stelle eines Hilfslehrers für analytische Chemie an der Technischen Hochschule in Stuttgart wurde dem bisherigen provisorischen Hilfslehrer Professor Dr. Kehrer übertragen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 47. | 25. August 1900. | 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die akustische Analyse der Vokale durch phonographische Aufzeichnung.

Von Louis Bevier jr.[1])

Die Anwendung des Phonographen zum wissenschaftlichen Studium der Vokalklänge ist nicht neu. Die ersten Versuche damit wurden vor mehr als 20 Jahren gemacht, und seitdem oft mit mehr oder weniger Erfolg wiederholt. Jedoch kenne ich keinen so einfachen und wenig kostspieligen Apparat, als derjenige, mit Hilfe dessen ich in Gemeinschaft mit meinem Kollegen Prof. Dr. F. C. van Dyck Vokalkurven von sehr grosser Reinheit und, bei Anwendung geeigneter Linsen, in 5000—10000 facher Vergrösserung ohne Schwierigkeit erhalten habe.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des benutzten Apparates in seinen wichtigsten Teilen. Bei einem Edisonschen Wiedergeber entfernten wir das Diaphragma, und befestigten am Schreibhebel ein starres Verbindungsstück, an dessen Ende sich ein einstellbarer Planspiegel befand. Eine sich ebenfalls an diesem Arm befindende Feder drückt den Saphirknopf des Wiedergebers leicht aber doch fest in die Furche des Wachses. Ein vom Spiegel reflektierter Lichtstrahl gelangt nach dem Passieren eines Linsensystems auf sich bewegendes lichtempfindliches Papier, und erzeugt hier eine wellenförmige Kurve, die genau den Furchen im Wachs entspricht. Die vergrössernde Kraft dieser Anordnung ist sehr gross, denn der lange Arm des Hebels ist ein Lichtstrahl; es ist in den meisten Fällen ein leichtes, diesen Arm zu vergrössern. (Als die Abhandlung für die Phys. Review bereits geschrieben war, kam mir die wertvolle Arbeit Hermanns,[2]) die mit einem ähnlichen Apparat ausgeführt war, zu Gesicht. Mein Apparat entstand unabhängig davon und hat den Vorzug grosser Einfachheit und leichter Justierung. Ich habe denselben in einer weiteren Arbeit, die späterhin veröffentlicht werden soll, nach diesen Gesichtspunkten hin noch weiter vervollkommnet). Die Motoren, welche die Drehung des Bromsilberpapiers und des Wachscylinders veranlassen, müssen eine langsame und vor allem sehr gleichförmige Bewegung haben. Sind diese Vorbereitungen vollendet, und ist das Ganze in einem für photographische Arbeiten genügend dunkeln Raume untergebracht, so sind die Schwierigkeiten der Handhabung nicht mehr grosse. Nachdem der betr. Ton auf dem Wachscylinder aufgezeichnet ist, versieht man den Apparat mit einem gewöhnlichen Wiedergeber und sieht zu, ob das Instrument den Ton treu und genau

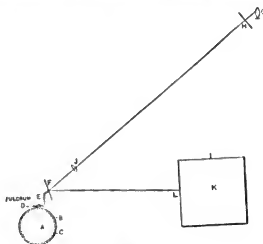


Fig. 1.

A = Schnitt des Wachscylinders.
B = Oberfläche des Wachscylinders.
C = Furchen (übertrieben gez.).
D = Saphirknopf.
E = Hebel, der den Spiegel trägt.
F = Regulierbarer Planspiegel.
G = Lichtquelle.
H = Diaphragma.
J = Konvexlinse.
K = Trommel für phot Papier.

1) Ausführlich im Phys. Review, 10, 193. 1900.
2) Pflügers Archiv Nr. 45, 47 u. s. w.

wiedergiebt. Hierauf ersetzt man denselben durch die oben beschriebene Aufzeichnungsvorrichtung, die so eingestellt wird, dass der Saphirknopf auf dem Grund der Furche läuft. Das geschieht mit einer Tangentialschraube. Ist die Trommel, die das Bromsilberpapier trägt, entsprechend eingerichtet, so kann die wellenförmige Linie in Spiralform aufgenommen werden, und kann so in beträchtlicher Länge auf einem Streifen Papier Platz finden. Die Tiefe der Eindrücke auf dem Wachscylinder beträgt im Allgemeinen weniger als $^1/_{2000}$ Zoll. Mit

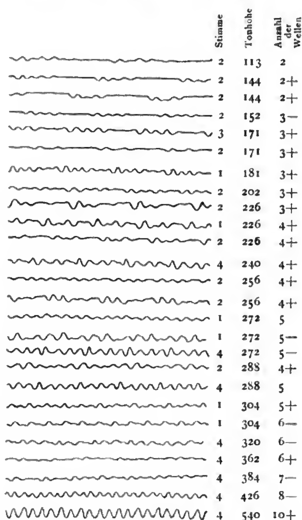


Fig. 2.

diesem Apparate (mit dem ich Kurvenamplituden von $^1/_2$ Zoll und noch mehr erhalten kann) habe ich die hauptsächlichsten Vokale des gesprochenen Englisch aufgezeichnet, mich jedoch hauptsächlich auf das Studium des Vokals a, wie es in den Worten father, palm, part u. s. w. vorkommt, beschränkt. Fig. 2 giebt eine Reproduktion einiger der erhaltenen Kurven. Es sind alles Wellen des nämlichen Tones in verschiedener Höhe. Sie wurden von 4 verschiedenen Stimmen gesungen, und zwar sind 1, 2 und 3 Baryton, und 4 ist eine Knabenstimme mit Sopranregister. Daneben finden sich die gleichzeitig bestimmten Schwingungszahlen der Töne. Beim Übertragen der Eindrücke vom Wachscylinder auf das Papier bewegte sich der Cylinder sehr langsam, (1 Umdrehung in 9 Minuten) und das Papier bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von $23\,^1/_2$ Zoll (gleich dem Umfang der Trommel) in der Minute. Diese sehr langsame Umdrehung ist besonders bei spitzen Vokalen wie i nötig.

Zu beachten ist, dass der angewandte Wachscylinder zuerst sorgfältig geebnet wird, und dass die Übertragung der Eindrücke sehr bald nach dem Aufnehmen derselben geschieht, denn das Wachs ist gegenüber Temperaturänderungen sehr empfindlich. Auch muss der Wachscylinder vor der Benutzung genau centriert werden.

Die erhaltenen Kurven wurden der gebräuchlichen Fourierschen Analyse unterworfen. Für die längsten Wellen, d. h. die tiefsten Töne wurden 36 Coordinaten gemessen und die relativen Amplituden der Obertöne bis zum 16. berechnet. Für kleinere Wellenlängen genügten 12 Messungen, die die ersten 4 Obertöne gaben.

Dazwischen liegende Wellen wurden, ihrer Tonhöhe entsprechend, an 20—24 Stellen gemessen. Die unten stehende Tabelle zeigt z. B. eine Versuchsreihe von *A*,♯ (nach der Stimmpfeife mit 113 Schwingungen in der Sekunde) bis *d* (mit 576 Schwingungen pro Sekunde.) Es sind dabei vier verschiedene Stimmen beteiligt, und ich glaube, dass diese Tabelle, im Zusammenhang mit meinem andern Versuchsmaterial, eine ziemlich genaue akustische Definition des Vokals *a* giebt.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII	IX.	X.	XI.
A_1 ♯	113	226	339	452	565	678	791	904	1017	1130	1243
2	9.9	15.4	2.5	.8	**11.5**	**16.1**	3.3	8.1	**21.2**	7.9	3.2
D	144	288	432	576	720	864	1008	1152	1296	1440	1584
2	32.9	4.3	1.9	8.5	**14.8**	2.1	8.8	**13.5**	7.2	1.3	4.7
F	171	342	513	684	855	1026	1197	1368	1539	1710	1881
3	5.6	4.8	2.9	**17.5**	5.0	**33.1**	**19.9**	2.1	6.1	1.9	1.1
A	226	452	678	904	1130	1356	1582	1808	2034	2260	2486
1	9.2	3.6	**34.6**	8.0	**31.0**	2.6	6.2	1.4	.8	1.2	1.4
d	288	576	864	1152	1440	1728	2016	2304			
1	5.4	**18.2**	8.0	**57.3**	3.0	1.3	3.2	3.6			
f♯	362	724	1086	1448	1810	2172	2534	2896			
4	9.5	**14.3**	**42.9**	**16.5**	9.5	2.5	3.5	1.3			
a	426	852	1278	1704	2130						
4	5.7	**16.5**	**64.9**	6.0	6.9						
d'	576	1125	1728	2304	2880						
4	21.4	**68.0**	4.0	5.6	1.0						

In dieser Tabelle ist der Grundton mit I, der erste Oberton mit II, der zweite mit III, u. s. f. bezeichnet. Kolumne 1 giebt Tonhöhe und Stimme.

Die Resultate, zu denen ich so gelangt bin, sind kurzgefasst folgende:

Der Vokal *a*, bei jeder Tonhöhe, und von einer beliebigen Stimme ausgesprochen, enthält folgende Elemente:

1. den Fundamentalton, dessen relative Amplitude aus verschiedenen Gründen ziemlich veränderlich ist;

2. den für die Identität des Vokales sehr charakteristischen Oberton oder die Obertöne, deren Schwingungszahl pro Sekunde zwischen 1000 und 1300 variiert, und deren Maximum ungefähr bei 1150 zu liegen scheint. Das ist der hervorstechendste Resonanzton des Mundes, wenn dieser zur Hervorbringung von *a* geformt ist. Er ist unabhängig von der Höhe des Grundtons.

3. Einen Oberton oder Obertöne, deren Schwingungszahlen (für Männer) zwischen 575 und 800 variieren, bei einem Maximum von ungefähr 675 Schwingungen, oder (für Frauen und Kinder) Obertöne mit Schwingungen zwischen 675 und 900, mit dem Maximum bei ungefähr 800 Schwingungen. Sie entstehen vermutlich durch Resonanz in Mundhöhle und Kehlkopf.

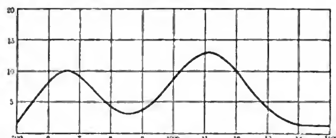


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt den Versuch einer graphischen Darstellung der Resonanzkurve für die *a*-Stellung des menschlichen Mundes; die Schwingungszahl wurde als Abscisse und die Amplitude der Schwingung als Ordinate genommen. Zu einer charakteristischen Kurve für den Vokal kann man gelangen, indem man durch eine grosse Zahl von Beobachtungen inviduelle und zufällige Elemente eliminiert.

Die „Energiekurve" (den Versuch einer solchen zeigt Figur 4) ist vielleicht noch bezeichnender. Die Ordinaten sind hier proportional dem Produkt aus den Quadraten der Amplituden und den Quadraten der Schwingungszahlen (E ist proportional $a^2 n^2$).

Bei der mathematischen Behandlung des Problems mit Hilfe des Fourierschen Lehrsatzes ist es nützlich, die aus einer Anzahl einander folgender Wellen erhaltenen mittleren Koordinaten zu benützen, denn so gleichmässig sich die Stimme auch geblieben ist, so können doch dem Ohr nicht bemerkbare Änderungen der Tonhöhe, der Klangfarbe oder der Stärke bedeutende Änderungen der Wellenform hervorbringen, und so, wenn man die zahlenmässige Messung auf eine einzige Welle beschränken würde, zu Fehlern Anlass geben. Untersucht man zwei verschiedene Punkte derselben Kurve (der des Wachscylinders resp. des photographischen Papiers), so ergeben sich verschiedene Werte für die sich folgenden Ordinaten, jedoch gleichen sich die Resultate der mathematischen Behandlung sehr.

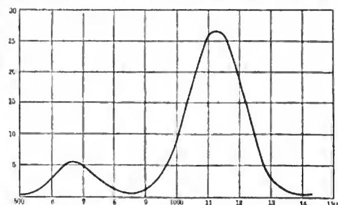


Fig. 4

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 6. Juli 1900.)

Über Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung.

Von Adolf Heydweiller.

Die merkwürdigen, von Herrn Landolt in seinen klassischen Untersuchungen[1]) gefundenen Gewichtsänderungen bei chemischen Reaktionen, die derselbe auch neuerdings wieder bestätigt fand, und das Fehlen jeder ausreichenden Deutung der Erscheinung, waren die Veranlassung zur weiteren Verfolgung derselben. Die bezüglichen Untersuchungen sind zwar noch keineswegs abgeschlossen, müssen aber, in Folge des Umzuges des hiesigen physikalischen Institutes in ein neues Gebäude auf längere Zeit unterbrochen werden.

Ihr Zweck ist einmal die Sicherstellung der Thatsache durch weitere Beobachtungen auch bei anderen Reaktionen, sodann der Versuch zur Auffindung von Gesetzmässigkeiten und Beziehungen zu anderen mit der Umwandlung verbundenen Änderungen physikalischer Eigenschaften. Als solche schienen mir zunächst und vornehmlich in Betracht zu kommen: die magnetische Permeabilität, die elektrolytische Dissoziation, die materielle und die optische Dichte, von denen die letztern drei bekanntlich in nahem

1) H. Landolt, Zeitschr. f. physik. Chem. **12**, 1, 1893.

Zusammenhange stehen. Diese Gesichtspunkte waren für die Auswahl der Umsetzungen zunächst massgebend.

Es zeigte sich bald, dass das Auftreten merklicher Gewichtsänderungen mehrfach an kleine Abänderungen der Versuche (Zusatz kleiner Mengen von Säure oder Basis zu den Reaktionsmassen) gebunden war. Ich habe daher diese Abänderungen in der folgenden Zusammenstellung besonders bemerkt.

Die Ausführung der Versuche geschah in ähnlicher Weise, wie bei Herrn Landolt[1]) die Genauigkeit war derart, dass unter Berücksichtigung aller Umstände der Fehler in der beobachteten Gewichtsveränderung bei einigen der ersten Versuche (Wirkung von *Fe* auf gelöstes $Cu\ SO_4$) wohl 0,04 mgr betragen kann, bei den späteren, unter günstigeren Temperaturbedingungen angestellten Versuchen aber 0,03 mgr sicher nicht erreicht. Gewichtsänderungen von 0,05 mgr und mehr halte ich wenigstens der Richtung nach für völlig sichergestellt.

Die folgende Zusammenstellung giebt die Versuche mit 20 verschiedenen Gefässfüllungen, von denen einige in zwei (durch *a* und *b* unterschiedene) zerfallen, indem zunächst nur ein Teil des einen Schenkelinhaltes in den anderen Schenkel übergeführt wurde.

Die einzelnen Vertikalreihen geben die Versuchsnummer, das Gesamtgewicht *M* des Reaktionsgefässes, den Inhalt der beiden Schenkel in gr und die nach der (teilweisen oder völligen) Vermischung auftretende Gewichtsänderung δm in mgr (Zunahme +, Abnahme — bezeichnet).

Ia. *Fe* und $Cu\ SO_4 + H_2\ O$ (neutral).

	M	Fe	$Cu\,SO_4\,5H_2O$	H_2O	δm
1.	262 gr.	14,0	63,8	100	—0,007 mgr.
2.	262 „	14,0	63,1	100	+0,030 „

Ib. *Fe* und $Cu\ SO_4 + H_2\ O$ (basisch).

	M	Fe	$Cu\,SO_4$ $5H_2O$	H_2O	$Na\,OH$	δm
3.	305 gr.	15,0	79,9	130	unbestimmt	—0,229 mgr.
4.	314 „	15,0	60,6	115	0,13	—0,152 „
5.	310 „	18,3	98,0	103	KOH 0,23	—0,176 „

Ic. *Fe* und $Cu\ SO_4 + H_2\ O$ (sauer).

	M	Fe	$Cu\,SO_4$ $5H_2O$	H_2O	$H_2\,SO_4$	δm
6.	314 gr.	15,0	69,6	114	0,37	—0,097 mgr.
7.	310 „	18,3	98,4	103	0,08	—0,158 „

1) Die ausführliche Beschreibung wird an anderer Stelle erfolgen.

II. $Cu\ SO_4 + H_2\ O$ und $KOH + H_2\ O$.

	M	$Cu\,SO_4\,5H_2O$	H_2O	KOH	H_2O	δm
8a.	245 gr.	38,1	86	1,27	5	— 0,031
8b.	245 „	38,1	86	2,55	10	— 0,036
9.	262 „	37,8	101	<4,0?	5	— 0,035
10.	262 „	37,1	99	13,4	15	— 0,045
11.	276 „	33,3	88	10	40	— 0,072
12a.	276 „	33,3	88	5	20	— 0,065
12b.	276 „	33,3	88	10	40	— 0,082

IIIa. $Cu\ SO_4\ 5\ H_2\ O$ fest (neutral) und $H_2\ O$.

	M	$Cu\,SO_4\,5H_2O$	H_2O	δm
13.	330 gr.	61,8	151	—0,002 mgr.

IIIb. $Cu\ SO_4\ 5\ H_2\ O$ fest (sauer) und $H_2\ O$.

	M	$Cu\,SO_4\,5H_2O$	H_2O	δm
14.	330	61,8	147	—0,101 mgr.

IIIc. $Cu\ SO_4\ 5\ H_2\ O$ fest (sauer) und $H_2\ SO_4 + H_2\ O$.

	M	$Cu\,SO_4\,5H_2O$	H_2SO_4	H_2O	δm
15.	299	50,0	3,7	150	—0,081 mgr.
16.	299	50,6	7,3	150	— 0,075 „

IV. $Cu\ SO_4 + H_2\ O$ und $H_2\ SO_4 + H_2\ O$.

	M	$Cu\,SO_4$ $5H_2O$	H_2O	H_2SO_4	H_2O	δm
17a.	245 gr.	31,1	86	0,8	3,3	— 0,005 mgr.
17b.	245 „	31,1	86	2,4	10	+0,001 „

V. $C_2\ H_4\ O_2 + H_2\ O$ und $NH_3 + H_2\ O$.

	M	$C_2H_4O_2$	H_2O	NH_3	H_2O	δm
18.	399 gr.	49,7	87,5	15,3	124	—0,041 mgr.
19.	399 „	50,4	88,5	15,6	126	—0,033 „

VI. $Ba\ Cl_2 + H_2\ O$ und $H_2\ SO_4 + H_2\ O$.

	M	$Ba\,Cl_2$	H_2O	$H_2\,SO_4$	H_2O	
20.	278 gr.	20	100	9.7	40	+0,000 mgr.

Aus diesen Versuchen in Verbindung mit den Landoltschen geht folgendes hervor:

Die mit Sicherheit festgestellten Gewichtsveränderungen sind, mit einer (vielleicht zufälligen) Ausnahme bei Landolt, stets Gewichtsabnahmen.

Sie sind nicht den reagierenden Massen proportional.

Sie treten mehrfach nur bei für die eigentliche Umsetzung unwesentlichen Zusätzen anderer Substanzen (insbesondere von Säure oder Basis) auf und bleiben aus, wenn diese fehlen.

Sie sind daher wahrscheinlich garnicht durch

die chemische oder physikalische Umsetzung selbst bedingt, sondern durch eine Nebenwirkung noch unbekannter und rätselhafter Natur.

Sie können sowohl bei Vermehrung, wie bei Verminderung der magnetischen Permeabilität, der elektrolytischen Dissoziation, der materiellen und der optischen Dichte auftreten, sind aber nicht notwendig damit verbunden und stehen daher mit keiner dieser Eigenschaften in einem erkennbaren Zusammenhange.

Breslau, im August 1900.

(Eingegangen 16. August 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

A. Crova, Die Solarkonstante. 18 Seiten.

Unter „Solarkonstante" versteht man diejenige Wärmemenge, welche die Sonne in der Zeiteinheit bei der mittleren Entfernung Erde-Sonne der Flächeneinheit eines Körpers vom Absorptionsvermögen Eins zusendet, wenn die Strahlung eine senkrechte ist, und die Atmosphäre diatherman wäre. Die Bestrahlung durch die Sonne ist der wichtigste Faktor für den Wärmehaushalt der Erde, und da wir eine Verschiebung in dem Verhältnis zur Wärmeein- und -ausfuhr nicht konstatieren können, so spricht man heute noch von einer Solarkonstanten, obwohl jene oben definierte Wärmemenge wahrscheinlich eine variabele sein wird.

Das Problem, die Solarkonstante exakt zu messen, ist aber eines der schwierigsten, welches die Geophysik stellt, namentlich die Absorption in der Atmosphäre und die Störung der Messung durch die Witterungszustände hemmen den Fortschritt der Untersuchungen, aber auch instrumentelle Fehlerquellen, sodass bis heute noch kein einwurfsfreier Wert existiert.

Es ist daher freudig zu begrüssen, dass ein auf diesem Gebiete so erfolgreicher Forscher wie Crova dem diesjährigen internationalen Physikerkongress zu Paris einen umfassenden Bericht über den Stand der Frage erstattet hat.

In diesem Berichte bemerkt er zunächst, dass von einer eigentlichen Konstanten nicht die Rede sein kann, da schon der wechselnde Zustand der Sonnenoberfläche von Einfluss sein muss. Er unterscheidet fünf Arten der Bestimmung; diese sind

1. Beobachtungen zu verschiedenen Tagesstunden, Berechnung der durchschnittenen Luftmassen aus den Sonnenhöhen und Darstellung der Strahlungsintensitäten als Funktion dieser Massen; darauf Extrapolation der Solarkonstanten für eine Masse gleich Null.

2. Beobachtungen in hochgelegenen Stationen.

3. Beobachtungen mit Registrierinstrumenten in Balons-sondes, simultan mit absoluten Messungen am Boden.

4. Beobachtungen in verschiedenen Höhen zu gleicher Zeit. Man erhält so den störenden Einfluss der zwischenliegenden Luftschichten; über den der darüberliegenden Regionen muss man jedoch irgendwelche Hypothesen machen.

5. Langleys Methode: Man berechnet für Strahlen verschiedener Wellenlänge die Strahlungswerte am Erdboden und an der Grenze der Atmosphäre durch die bekannte exponentielle Absorptionformel und vergleicht mit diesem Gesetze die absoluten Bestimmungen der Solarkonstanten an den verschiedenen Beobachtungsorten.

Die zu verwendenden Instrumente sind entweder absolute (z. T. Pyrheliometer genannt) oder relative, zu welch letzteren auch die registrierenden Aktinographen gehören. Die relativen Aktinometer kommen wegen ihrer leichteren Transportabilität und ihrer kürzeren Beobachtungsdauer für die eigentlichen Messungen in erster Linie in Betracht, während die absoluten Aichinstrumente sind und daher seltener auf Reisen zur Anwendnng gelangen. Die Instrumentalfehler aller Aktinometer wirken derart, dass sie zu kleine Werte der Solarkonstanten ergeben lassen. Es ist also keine Hoffnung vorhanden, etwa von dem Mittel aus allen vorhandenen Beobachtungen zu erwarten, dass es einen brauchbaren Wert des Solarkonstanten vorstelle. Die Aufgabe der Aktinographen ist es, die Variation der im Beobachtungsort anlangenden Strahlungsenergien zu registrieren, während nebenher von Zeit zu Zeit direkte Messungen mit einem Aktinometer angestellt werden. Diese Variationen schreiben sich dem Vorüberziehen von Wolken und der Variabilität der Durchlässigkeit der Luft zu. Verfasser zeigt eingehend, wie die Registrierungen behandelt werden müssen, um die notwendigen Interpolationen zu sichern.

Die Berechnung der Beobachtung setzt sich aus zwei Schritten zusammen: 1. Berechnung

des Einflusses der überlagernden Massen der Atmosphäre, 2. Berechnung der Sonnenstrahlung als Funktion dieser Massen.

Um den absorbierenden Einfluss der Atmosphäre zu berechnen, schlug Lambert die Hypothese vor, ein einfallender Strahl erleide in jeder Kugelschale der Atmosphäre die gleiche Absorption, was nur bei zenithalen Strahlen allenfalls gelten könnte. Allein da die von der Sonne zu uns gelangenden Strahlen teils von festen, teils von flüssigen und teils von gasförmigen leuchtenden Teilen der Sonne stammen, so ist ihre Absorption in der Erdatmosphäre in ganz anderer Weise von der Höhe über dem Boden abhängig, als Lambert annimmt. Ausserdem sind die Lokaleinflüsse der Luft des Beobachtungsortes so mannigfaltige und so intensive, dass eine solche Hypothese allein wenig helfen kann (Verfasser zählt solche Fehlerquellen auf), weswegen man denn auch gerne gleichzeitig Beobachtungen in verschiedenen Höhen vornimmt. Innerhalb einer solchen zwischenliegenden Schicht wird eine geeignete Hypothese der Wirklichkeit weit vollkommener entsprechen als wenn man sie auf die ganze Atmosphäre anwenden würde.

Gesetzt nun, man kenne die zu durchsetzende Masse x, so lässt sich die Intensität eines Strahlenbündels, dessen Wellenlängen von λ_1 bis λ_2 variieren, berechnen aus $\gamma = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} a\, t^x$

a ist der Anfangswert der Strahlung, für den Fall, dass die Masse Null ist; t die Durchlässigkeit. Nun kennt man aber nicht den Wert a und t für die verschiedenen Zustände der Luft und für verschiedene λ. Infolgedessen benutzt man die Formel $A t^x = \gamma$, indem man erwartet, dass $\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} a$ mit A einen innerlichen Zusammenhang hat. Oder man lässt aus dem gesamten Spektrum schmale Streifen wirken und stellt die Strahlung eines jeden einzelnen durch eine ähnliche Form dar, sodass die Gesamtstrahlung als Summe der Einzelstrahlungen erscheint; also etwa in der Gestalt: $\gamma = A + B t^x + C t'^x + \ldots$.

Die an Ort und Stelle gemessenen Werte der Strahlungsmenge sind um so grösser, je höher die Station liegt, und nach des Verfassers Ansicht ist einstweilen als Ergebnis aller Beobachtungen anzusehen, dass an der Grenze der Atmosphäre 3,0 Grammcalorien mit Sicherheit überschritten wird und so der Wert der Solarkonstante wahrscheinlich etwas über 4.0 Cal. liegt.

Die Arbeit schliesst mit dem Wunsche, es möge ein Observatorium in günstigster Lage geschaffen werden, das sich vornehmlich mit aktinometrischen Untersuchungen abzugeben hätte. Referent möchte sich hier erlauben auf das Observatorium auf dem Montblanc hinzuweisen, wo das Ehepaar Vallot in den letzten Jahren eingehende Beobachtungen in dieser Richtung schon unternommen hat.

A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 27. Juli 1900.)

E. H. Amagat, Experimentelle Statik der Flüssigkeiten. 32 Seiten.

Der Verf. versteht unter Statik der Flüssigkeiten die Gesamtheit der Gesetze, welche die Beziehungen zwischen Druck, Volum und Temperatur für den flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand darstellen, und welche sich in den Ausdruck: $\varphi(p\,v\,t) = 0$ zusammenfassen lassen. Die vorliegende Abhandlung giebt einen Überblick über die experimentellen

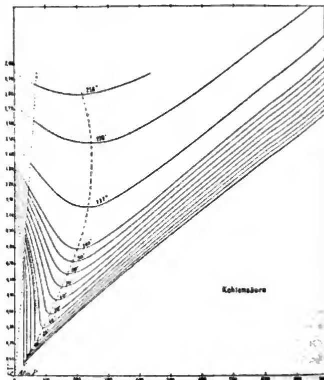


Fig. 1.

Versuche, die über die Kontinuität des flüssigen und gasförmigen Zustandes und das Verhalten der Flüssigkeiten und Gase gegen Druck-, Volum- und Temperaturänderungen angestellt worden sind, sowie über die daraus abgeleiteten Gesetze.

Was zunächst die experimentellen Ergebnisse anbetrifft, so muss es genügen, wenn wir hier eine graphische Darstellung des Verhaltens dreier Körper geben, nämlich die Isothermen von Stickstoff, Wasserstoff und Kohlensäure.

Die im folgenden mitgeteilten Gesetze ergeben sich teils unmittelbar aus den Figuren, teils sind sie von Amagat aus Tabellen, die im Original nicht mitgeteilt sind, abgeleitet.

Der Druckkoeffizient: 1. Der Druck, welcher dem Minimum des Produkts pv für die aufeinander folgenden Isothermen entspricht, wächst anfangs mit der Temperatur, geht darauf durch ein Maximum, um dann zu sinken. Die Isothermen (Koordinaten pv und p) zeigen innerhalb der erreichten Druck- und Temperaturgrenzen eine schwache, aber unzweifelhafte Krümmung. Dies gilt sowohl für die Flüssigkeiten, als auch für die Gase. (Siehe Figur 1.)

Gesetze der Kompressibilität: 2. Für Temperaturen unterhalb der kritischen Temperatur nimmt der Kompressibilitätskoeffizient mit steigendem Drucke ab und für alle Drucke mit der Temperatur zu.

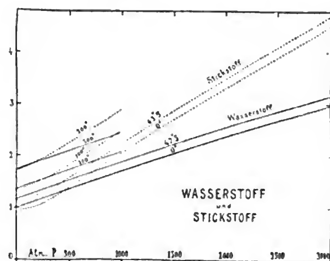


Fig. 2.

Dieses Gesetz ist bisher allgemein gelehrt worden, thatsächlich liegen die Verhältnisse viel verwickelter. Die aus der Gesamtheit der experimentellen Untersuchungen abgeleiteten Beziehungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

3. Für einen gegebenen, unterhalb dem kritischen Drucke liegenden Druck nimmt der Kompressibilitätskoeffizient mit der Temperatur zu, bis die Temperatur die Sättigungstemperatur erreicht (der Körper ist dann noch flüssig), er vergrössert sich sprungweise, wenn der Körper in den Zustand des gesättigten Dampfes übergeht, um darauf kontinuierlich und immer weniger langsam abzunehmen. Liegt der Druck oberhalb des kritischen Druckes, so treten dieselben Veränderungen auf, mit Ausnahme des plötzlichen Sprunges. Der Koeffizient geht einfach durch ein Maximum hindurch, welches bei einer um so höheren Temperatur liegt, je höher der Druck ist. (Siehe Figur 1.)

4. Für eine gegebene, unterhalb der kritischen Temperatur liegenden Temperatur nimmt mit steigendem Drucke der Kompressibilitätskoeffizient ab, geht durch ein Minimum, wächst darauf, bis man zu der Maximaltension gelangt (der Körper ist dann noch gasförmig); er erleidet alsdann eine sprungweise Verminderung, wenn der Körper in den Zustand der gesättigten Flüssigkeit übergeht, um unbegrenzt und immer weniger schnell abzunehmen.

Liegt die Temperatur oberhalb der kritischen Temperatur, so finden dieselben Veränderungen statt, mit Ausnahme des Sprungs, welcher die Änderung des Aggregatzustandes begleitet. Der Koeffizient geht alsdann nur zuerst durch ein Minimum und darauf durch ein Maximum.

Gesetze der Ausdehnung unter konstantem Drucke: 5. Für einen unter dem kritischen Drucke liegenden Druck nimmt der Ausdehnungskoeffizient bei konstantem Drucke mit steigender Temperatur bis zur Sättigungstemperatur zu; er erleidet hier, indem der Körper in den dampfförmigen Zustand übergeht, eine sprungweise Vergrösserung, nimmt darauf unbegrenzt und immer langsamer ab. Bei Drucken oberhalb des kritischen Druckes fällt der Sprung weg und der Koeffizient geht durch ein Maximum hindurch, welches um so weniger ausgeprägt ist, je höher der Druck ist.

6. Für eine gegebene Temperatur unterhalb der kritischen wächst der Ausdehnungskoeffizient unter konstantem Drucke mit dem Drucke bis zu dem maximalen Dampfdruck, er erleidet darauf eine plötzliche Verminderung, wenn der Körper aus dem Zustande des gesättigten Dampfes in den der gesättigten Flüssigkeit übergeht, um darauf unbegrenzt und immer langsamer abzunehmen. Oberhalb der kritischen Temperatur fällt der Sprung weg und der Koeffizient geht einfach durch ein Maximum hindurch, welches für die kritische Temperatur gleich unendlich ist, und um so weniger ausgeprägt ist, je mehr man sich von ihr entfernt.

Der Koeffizient dv/dt folgt analogen Gesetzen, wie der Kompressibilitätskoeffizient, z. B.:

7. Bei Temperaturen unterhalb der kritischen nimmt dv/dt anfangs ab, wächst darauf bis zu dem maximalen Dampfdruck, erleidet einen plötzlichen Sprung bei der Änderung des Aggregatzustandes, nimmt darauf unbegrenzt ab u. s. w.

8. Geht man von einer Temperatur aus, die um so niedriger liegt, je geringer der Druck ist, so zeigt sich, dass sich das Volum ungefähr proportional der Temperaturerhöhung vergrössert; das Volum ist aber ungefähr proportional der absoluten Temperatur, vermindert um eine Konstante, welche mit dem Drucke abnimmt und Null für vollkommene Gase wird.

Gesetze der Ausdehnung bei konstantem Volum: 9. Der Ausdehnungskoeffizient bei konstantem Volum für eine gegebene Temperatur wächst anfangs mit dem Drucke, geht durch ein Maximum hindurch, welches um so weniger ausgeprägt ist, je höher die Temperatur ist, und nimmt schliesslich ab.

10. Der Druckkoeffizient wächst sehr rasch, wenn das Volum abnimmt.

11. Der Druckkoeffizient ändert sich nur wenig mit der Temperatur. Infolgedessen ist bei konstantem Volum der Druck proportional der Temperatur, vermindert um eine Konstante, welche nur eine Funktion des Volums ist, und welche wächst, wenn das Volum abnimmt und die für vollkommene Gase verschwindet. Mit derselben Annäherung ist der Ausdehnungskoeffizient bei konstantem Volum für ein gegebenes Volum umgekehrt proportional dem Drucke.

Die im Vorstehenden mitgeteilten Gesetze sind zum grössten Teil von Amagat aus seinem ausgedehnten Versuchsmaterial abgeleitet. Ob sie allgemein giltig sind, ist fraglich, umsomehr, als Wasser von diesen Gesetzen vielfach Ausnahmen bildet. Die Anomalien verschwinden allerdings bei Erhöhung der Temperatur oder des Druckes. Bei 100° und gegen 3000 Atmosphären verhält sich das Wasser normal.

In dem zweiten Teile der Abhandlung bespricht der Verf. die Beziehung $\varphi(pvt) = 0$. Die Formeln von van der Waals und Clausius genügen nur für kleine Druck- oder Temperaturintervalle. Sarrau hat daher schon 1881 einen anderen Ausdruck für den inneren Druck abgeleitet, nämlich anstatt des Clausiusschen Ausdrucks

$$\frac{a}{T(v+\alpha)^2}$$

den folgenden

$$\frac{a e^{-T}}{(v+\alpha)^2}$$

und damit eine viel bessere Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Werten erzielt, als seine Vorgänger. Es sind noch von zahlreichen Forschern andere Formeln aufgestellt, so von Tait, Moulin, Boltzmann, Sutherland, Rose-Innes, Guye, Jäger und dem Verf. Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, eine Formel mit einer beschränkten Anzahl von Konstanten aufzustellen, welche allen Flüssigkeiten und den Gasen zu gleicher Zeit genügt. Aus den Formeln mit mehr als drei Konstanten lassen sich keine allgemeinen Beziehungen ableiten.

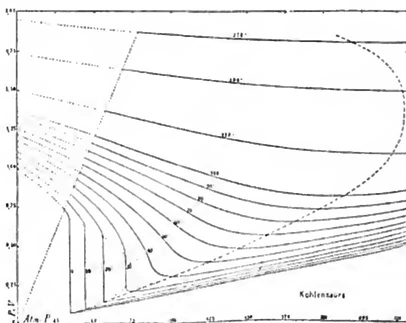


Fig. 3.

Den allgemeinen Gesetzen, welche van der Waals aus seiner Formel abgeleitet hat, lassen sich noch mehrere hinzufugen, z. B.: bei korrespondierenden Temperaturen sind die Drucke, für welche pv ein Minimum ist, für die verschiedenen Gase proportional den kritischen Drucken; ferner für alle Körper ist in korrespondierenden Zuständen $pv/T = \text{const.}$, wenn v das Molekularvolum bedeutet. Hieraus folgt auch eine Beziehung, welche S. Young vor einigen Jahren abgeleitet hat, und andere mehr.

Wenn man einen Rückblick über dies Gebiet wirft, so ergiebt sich, dass man, wenn man das van der Waalssche Gesetz anwenden will, zwischen verschiedenen Gruppen von Körpern unterscheiden muss; für einige genügt es annähernd, für andere versagt es. Die van der Waalssche Formel kann somit zur Klassifizierung dienen. Der Bedeutung der Formel wird damit kein Abbruch gethan, da sie stets ihre Fruchtbarkeit bewahren wird.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 20. Juli 1900.)

M. Tscherning, Die Akkommodation. 14 S.

Unter Vorausschickung einer übersichtlichen Darstellung der Dioptrik des menschlichen Auges geht Verf. auf den Mechanismus der Akkommodation ein, giebt dessen Geschichte bis zu der jetzt herrschenden Helmholtzschen Theorie,

nach welcher die Verdickung der Linse, speziell stärkere Wölbung ihrer Vorderfläche auf Entspannung der Zonula Zinnii, resp. Linsenkapsel durch den Akkommodationsmuskel beruhen soll. Verf. verwirft diese Vorstellung: denn 1. soll die Untersuchung der sphärischen Aberration des Auges in der Ruhe und im Akkommodationszustande zeigen, wie schon Young fand, dass bei jugendlichen Individuen Überkorrektion bei maximaler Akkommodationsanstrengung stattfindet, — woraus geschlossen werden muss, dass am Rande Abflachung und nur in der Mitte stärkere Wölbung stattfindet. Ferner soll die Linse im Leichenauge nicht etwa im Zustande grösster Dicke und Krümmung sein. (Solange die Linse nicht herausgenommen ist, beweist das nichts; Ref.). Endlich soll durch künstliches Anziehen der Zonula nicht Abflachung, sondern gerade stärkere Vorwölbung der Mitte zustande kommen. Verf. nimmt deshalb an, dass die Thätigkeit des Akkommodations-(Ciliar-)Muskels eben gerade durch Spannung (nicht Entspannung) der Zonula die Vorderfläche der Linse in der Mitte stärker, am Rande flacher gewölbt mache. Über eine weitere Bewegung der Linse (Senkung oder Drehung um die Querachse) ergeht sich Verf. in noch nicht abschliessenden Betrachtungen. Abgesehen von manchen Einwänden, welche die Akkommodationstheorie des Verfassers selbst treffen, fällt es bei diesem „Bericht" auf, dass Verf. gewisse naheliegende ältere Theorieen, ebensowie die neuen Ergebnisse der vergleichenden Forschungen Th. Beers völlig ignoriert.

H. Boruttau.

(Eingegangen 28. Juli 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

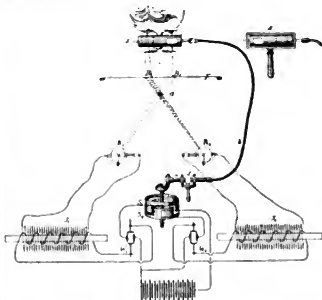
IV. Apparat für stereoskopische Röntgenbilder.[1])

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Ein höchst interessantes Ausstellungsobjekt ist ohne Zweifel der von der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft" in Berlin gefertigte Apparat zur Erzeugung stereoskopischer Röntgenbilder mittels Fluorescenzschirm und Stroboskop. — Röntgenbilder sind einfache Schattenbilder, von denen natürlich eine körperliche Anschauung nicht gewonnen werden kann, da ihnen die Tiefendimension fehlt. Die Theorie des stereoskopischen Sehens verlangt, dass die beiden Bilder, welche auf der Netzhaut unserer Augen vom betrachteten Objekt entstehen, unter sich verschieden sind, d. h. zwei Centralprojektionen von zwei verschiedenen Fluchtpunkten darstellen. Nun können zwar wegen der Unsichtbarkeit der Röntgenstrahlen die geforderten zwei Bilder nicht wie sonst von unseren Augen selbst erzeugt werden, doch ist dieses Hindernis vom Konstrukteur des Röntgenbildstereoskops, Hrn. Dr. H. Boas, in höchst sinnreicher Weise überwunden worden.

Er lässt zwei in einem gewissen horizontalen Abstande befindliche Röntgenröhren abwechselnd aufleuchten und erhält dadurch die erforderlichen zwei differierenden Centralprojektionen desselben Gegenstandes abwechselnd auf dem Fluorescenzschirm.

Durch einen einfachen Mechanismus wird ferner bewirkt, dass jedes Auge nur das eine, ihm zugedachte Bild zu sehen bekommt. Erfolgt der Wechsel der Bilder nun sehr schnell, so glauben wir infolge der Trägheit unseres Gesichtssinnes beide Bilder — jedes mit einem Auge — gleichzeitig zu sehen, d. h. wir sehen nur ein Röntgenbild, dies aber stereoskopisch.



Der Apparat besteht aus zwei Funkeninduktoren J_1, J_2 (s. Fig.) von etwa 30 cm Schlagweite, welche zum wechselweisen Betriebe der Röntgenröhren R_1, R_2 dienen. Dieser Wechsel wird erreicht durch das Einsetzen zweier von-

1) Nachdruck sowie anderweitige Benutzung nur mit Erlaubnis des Verfassers.

einander isolierter Ringe S_1, S_2 mit je zwei Zähnen in den bekannten Boasschen Turbinenunterbrecher. Jeder dieser Ringe steht mit der primären Wicklung eines Funkeninduktors in leitender Verbindung, derart, dass bei einer Umdrehung des Unterbrechers beide Induktoren zwei Stromstösse in wechselnder Reihenfolge empfangen, deren Richtung durch die angebrachten Stromwender W_1, W_2 eingestellt werden kann. Somit entstehen auch bei jeder Umdrehung des Unterbrechers je zwei Röntgenbilder vom Gegenstande G in den Punkten B_1, B_2 auf dem Fluorescenzschirm F, und zwar ebenfalls in abwechselnder Reihenfolge.

Durch ein Winkelräderpaar wird die Drehung des Unterbrechers auf die horizontal gelagerte Welle a, von dieser mittels des Differentialgetriebes d auf die biegsame Welle b und schliesslich auf das Stroboskop S übertragen. Eine Übersetzung findet hierbei nicht statt, vielmehr haben die Unterbrecherwelle und das Stroboskop genau die gleiche Winkelgeschwindigkeit.

Das Stroboskop S besteht aus einem um seine Längsaxe drehbaren Rohr, das in der Entfernung der Augenaxen in zwei aufeinander rechtwinklig stehenden Richtungen durchbohrt ist. Rotiert dieses Rohr vor den Augen, so wird abwechselnd für das rechte und linke Auge der Durchblick frei. Damit dies in den gleichen Momenten erfolge, in denen auf dem Fluorescenzschirm die Bilder entstehen, kann die biegsame Welle mit dem Stroboskop mittels des Differentialgetriebes d um einen beliebigen Winkel gedreht werden.

Der stereoskopische Anblick oder die Vereinigung beider Bilder zu einem körperlichen Effekt wird natürlich nur dann eintreten, wenn man das von der rechten Röhre entworfene Bild mit dem linken Auge, das von der linken Röntgenröhre mit dem rechten Auge zu sehen bekommt. Die Einstellung des Stroboskops erfolgt am einfachsten nach Inbetriebsetzung des Apparates durch direkte Beobachtung der Bilder durch das Stroboskop und allmähliche Phasenverschiebung des letzteren mittels des Wendegetriebes.

Der Apparat eignet sich vorzüglich dazu, die Lage von Fremdkörpern im menschlichen Körpern zu ermitteln, und wird sicherlich in der chirurgischen Praxis freudige Aufnahme finden.

Paris, Juli 1900.

(Eingegangen 30. Juli 1900.)

REFERATE.



J. M. Eder, System der Sensitometrie photographischer Platten. 92 Seiten und 16 Kurventafeln. Aus den Sitzgsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-naturw. Klasse, Bd. 108, Abt. IIa, Nov. 1899.

Eine Sensitometrie photographischer Platten, d. h. die Untersuchung des Zusammenhangs ihrer Schwärzung mit Belichtung, Entwicklungsart u. s. w., ist in exakter Weise bisher trotz ihrer Wichtigkeit sowohl für die Theorie der photochemischen Prozesse als für die Praxis der Photographie erst von Hurter und Driffield in weiterem Umfang durchgeführt worden. Diese klassischen Untersuchungen haben ein ganz eigenartiges sensitometrisches System benutzt, dessen wesentliche Bestandteile als Grundlage in das vom 1898er Kongress für angewandte Chemie in Wien acceptierte sensitometrische Verfahren übergegangen sind. Die vorliegende umfangreiche Abhandlung benutzt dieses neue Verfahren: die Streifen photographischer Platten werden durch ein Scheiner-Sensitometer belichtet, eine rotierende Scheibe mit Sektorenausschnitten, die sich vom Rande nach der Mitte in 23 Stufen erweitern, jede folgende von 1.27 facher Centriwinkelöffnung der vorhergehenden, sodass die grössten Differenzen in der Belichtungszeit sich wie $1:1{,}27^{22} = 1:200$ verhalten. Die Belichtungsquelle ist eine Benzinlampe mit Flammenmass, deren Intensität gegen die Hefner-Normallampe zu $^1/_{13 \cdot 2}$ gefunden wird. Wie diese Zahl bestimmt wurde, wird nicht angegeben; es ist aus verschiedenen Gründen (z. B. Precht, Arch. wiss. Phot. 1, 277, 1899) zu vermuten, dass sie nicht ganz genau ist, was aber den Wert der Messungen, der nur auf den relativen Belichtungsverhältnissen beruht, nicht berührt. Die Vergleiche der Plattenschwärzungen wurden mittels eines Hartmannschen Mikrophotometers [1]) ausgeführt, dessen Vergleichsskala durch eine kontinuierlich steigende photographische

1) Vgl. diese Ztschr. 1, 205, 1900.

Schwärzung gebildet wurde. Dieselbe wurde auf ihre „Lichtundurchlässigkeit“ $\frac{L_a}{L_d}$ an den verschiedenen Stellen mit Hülfe eines Weberschen Photometers geaicht. L_a bedeutet die Intensität des auffallenden, L_d die des durchgelassenen Lichtes. Der dekadische Logarithmus dieser Grösse, nach der klassischen Bezeichnung von Bunsen und Roscoe die „Extinktion“, vom Verfasser mit „Opazität“ oder „Schwärzung“ bezeichnet, ist nach Hurter und Driffield (Eders Jahrbuch f. Phot. 1899) der ausgeschiedenen Silbermenge proportional und soll bei guten Negativen zwischen den Grenzen 0 und höchstens 2.5 variieren. Die Schwärzung 1 entspricht nach Hurter und Driffield der Silberausscheidung von 0.0131 g *Ag* auf 100 cm^2 aus einer Bromsilbergelatineplatte. Verfasser findet statt dessen 0.0109 g aus Bromsilbergelatine, 0.0070 g aus einer nassen Kollodiumplatte. Die Grösse ist offenbar abhängig von der Verteilung, dem „Korn“, des Silbers und zwar so, dass je feiner dasselbe, um so weniger *Ag* an Gewicht notwendig, um gleiche Opazität zu bewirken. Der Befund, dass

die Opazität	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	
durch das *Ag*-Gewicht	0.0057	0.0070	0.0109	0.0160	0.0195	aus *Ag Br* Gelatine
	—	—	0.0070	0.0097	0.0130	a. Kollodium

bewirkt wird, zeigt auch, dass eine wenigstens genäherte Proportionalität beider Grössen vorhanden ist, wenn die Abweichung auch wesentlich die Versuchsfehler übersteigt. Als Normalentwickler wurde stets Ferrooxalat benutzt, andere Entwickler ergaben nahe dieselben Opazitäten bei gleicher *Ag*-Menge, nur Pyrogallol grössere, da es lichtabsorbierende Farbstoffe als Oxydationsprodukte ausser *Ag* in der Schicht hinterlässt. Dass das Bunsen-Roscoesche Gesetz nicht streng gültig ist, d. h. dass die Schwärzung nicht $F(i \cdot t)$, sondern $F(i \cdot t^p)$, oder wie Schwarzschild neuerdings lieber schreibt, $F(i^q \cdot t)$ (Eders Jahrb. 1900, 161), worin i = Belichtungsintensität, t-Expositionszeit, $p < 1$, $q > 1$, wurde ebenfalls gefunden. Mit Schwarzschild zu sprechen ist der photochemische Effekt um so geringer, je langsamer eine gegebene Lichtenergiemenge zuströmt. Auch die noch neuerdings von Englisch (Arch. wiss. Phot. 1, 117, 1899,) konstatierte Minderwirkung intermittierender Belichtung gegenüber kontinuierlicher, die übrigens ebenfalls unter obigen Schwarzschildschen Satz fällt, und sogar in innerem Zusammenhang damit stehen dürfte, war bei der Anwendung des Scheiner-Sensitometers konstatierbar, doch nicht in solchem Masse, dass die praktische Brauchbarkeit der Methode darunter litte.

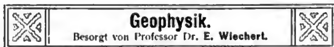
Zunächst wurden Schleierbestimmungen von photographischen Platten vorgenommen; es fand sich, dass die Schleierbildung einerseits von der Plattensorte, andererseits von der Natur und Temperatur des Entwicklers und seiner Wirkungsdauer abhängt. Schleier bis zu der Opazität 0.2 können für die Praxis vernachlässigt werden, Schleier von der Opazität 0.6 beeinträchtigen die Brauchbarkeit der Platten schon stark. Am wenigsten Schleier giebt Ferrooxalat, es folgen von den wichtigeren Substanzen etwa Pyrogallol, Glycin, Metol, Rodinal, Hydrochinon; überall nimmt der Schleier teils mehr teils weniger stark mit der Temperatur des Entwicklungsbades zu. Es ist klar, dass solche Bestimmungen für die Beurteilung der Entwicklungssubstanzen von grösstem Wert sind. Ferner wird studiert der Einfluss von Bromidzusatz zum Entwickler, der Einfluss der Entwicklungsdauer, die Wirkungsweise der Verstärker und Abschwächer; bei letzteren zeigt sich zahlenmässig das interessante schon qualitativ bekannte Resultat, dass Persulfat fast nur die starken Schwärzungen schwächt, während Ferricyankalium alle Schwärzungen ziemlich gleichmässig angreift. Es wird gezeigt, dass für die Empfindlichkeitsbeurteilung von Platten nicht allein massgebend ist die Angabe der geringsten entwickelbaren Belichtung, sondern auch die Kenntnis der Schwärzungs-Belichtungskurve der „charakteristischen Kurve“, welche die Gradation der Lichteindrücke darstellt, da bisweilen Platten, die stärkere Belichtungen nicht kräftig wiedergeben, doch bis zu sehr geringen Belichtungen Eindrücke zeigen, indem ihre charakteristische Kurve sehr flach verläuft.

Alle charakteristischen Kurven ergeben in ihrem der normalen Exposition entsprechenden Hauptteil eine lineare Abhängigkeit der Extinktion (Schwärzung) $= log \frac{L_a}{L_d}$ von der nach Scheiner-Graden, also logarithmisch zunehmenden Belichtung B, also $log \frac{L_a}{L_d} = k \cdot log B + c$, worin k und c Konstanten sind. Da nach obigem $log \frac{L_a}{L_d}$ proportional der reduzierten Silbermenge, so wächst diese also um gleiche Differenzen für gleiche Vielfache der Belichtung. Für den Anfang der Kurve, sehr kleine Belichtungen, ist die Neigung geringer, als im Hauptteil, und sie steigt dann beschleunigt an, sodass in diesem Stadium der Unterexposition die Gradation derart ist, dass die Belichtungskontraste übertrieben wiedergegeben werden; jenseits des Hauptteils wird dagegen die Kurve konkav gegen die Belichtungsaxe, was zu kleinen Kontrasten in der Gradation entspricht. Mit einer ausführlichen analogen Unter-

suchung über die Spektralsensitometrie, die Konstruktion der Empfindlichkeitskurven für die spektral homogenen Belichtungen verschiedener Wellenlänge schliesst diese wichtige Arbeit. Von den ebenso theoretisch wie praktisch wichtigen Resultaten dieses letzten Teiles sei hier nur hervorgehoben, dass die photochemisch schwach wirksamen Lichtwellenlängen auch bei grossen Intensitätssteigerungen besonders lange im Stadium der Unterexposition verharren, d. h. die Schwärzung nimmt im Vergleich zur Intensitätssteigerung nur wenig zu. Dass für die verschieden farbempfindlich gemachten Platten in Bezug auf die zu verwendenden Lichtfilter viele wichtige Folgerungen sich ergeben, ist zu erwähnen kaum nötig.

Alle Ergebnisse sind in übersichtlichen Tabellen und die wichtigsten ausserdem in sehr anschaulichen Kurventafeln dargestellt, so dass das neue sensitometrische System nach jeder Richtung als durchführbar und praktisch wertvoll sich erwiesen hat.

Ob für ähnliche Untersuchungen zur Bestimmung der Schwärzungen das kostspielige Mikrophotometer unumgänglich ist, oder ob es nicht vorteilhaft durch leichter beschaffbare Apparate z. B. den Simonschen Komparator (Wied. Ann. **59**, 97. 1896. Eders Jahrb. **1897**, S. 45) oder noch einfachere Vorrichtungen, wie Precht (l. c. 297) vorschlägt, ersetzt werden kann, möge dahingestellt bleiben. R. Abegg.



Geophysik.

Besorgt von Professor Dr. **E. Wiechert.**

K. Mack (Hohenheim), **Die Bekämpfung des Hagels durch das sogenannte Wetterschiessen.** Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturk. Württemberg, Jahrg. 1900, Bd. 56.

Der Verfasser spricht zunächst von dem Ende 1899 zu Casale-Monferrato abgehaltenen Wetterschiesskongress. Im Jahre 1896 wurde in Steiermark von dem Bürgermeister Stiger zur Abwendung von Hagelschlägen das Wetterschiessen in einer neuen Form eingeführt. Man benutzte dazu gewöhnliche Böller, vor deren Mündung als wesentlicher Bestandteil ein Trichter aus Eisenblech angebracht war, der eine Länge von 2 m und oben eine Öffnung von 80 cm hatte. Der Böller wurde in vertikaler Stellung in einem schweren Holzklotz eingeschraubt. Über die Resultate des Stigerschen Verfahrens berichtet im Januar 1900 der Direktor der österreichischen Centralanstalt für Met. u. Erdm. Dr. Pernter in einem Vortrage Folgendes: „Seit den 70er Jahren hatte es jedes Jahr Hagelschläge gegeben; seit Herr Stiger das Wetterschiessen wieder aufgenommen hat, hagelte es wohl in den angrenzenden Gegenden, aber nicht wieder in Windisch-Heistritz, und bis heute ist dort thatsächlich kein Hagelschaden mehr vorgekommen." — Der Ruf der auffallenden Erfolge des Stigerschen Verfahrens verbreitete sich schnell, und mancherorts ahmte man es nach. 1899 fand das Wetterschiessen Eingang in dem von Hagelstürmen stark heimgesuchten Oberitalien. In diesem einen Jahre wurden dort nicht weniger als 2000 Schiessstationen eingerichtet. Um über den Erfolg derselben klar zu werden, überhaupt um alle bisherigen Erfahrungen auf dem Gebiete des Wetterschiessens zu diskutieren, wurde dann der Kongress zu Casale berufen, der ausserordentlich stark besucht war. Man konnte konstatieren, dass die Schiessversuche des verflossenen Jahres sehr günstige Resultate erzielt hatten. Im Januar 1900 sind alsdann in St. Kathrein unter Anwesenheit eines Vertreters der österreichischen Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus systematische Versuche angestellt worden, welche die Aufgabe hatten, die Dimensionen eines möglichst wirksamen Böllermodelles zu ermitteln. Beim Abgeben des Böllerschusses fliegt ein grosser Rauchwirbelring aus der Trichtermündung mit gewaltiger Energie heraus und fährt mit einem pfeifenden, etwa 20 Sekunden lang hörbaren Geräusch in Höhen von 1000 bis 2000 m hinauf.

Mack sucht nun in seiner Arbeit eine Erklärung der Wirksamkeit des Wetterschiessens zu geben. Hagelschläge treten gewöhnlich als Begleiterscheinung von Gewittern auf. Die Gewitter, welche bei uns im Binnenlande in der warmen Jahreszeit vorkommen, sind fast ausschliesslich Wärmegewitter. An heissen ruhigen Sommertagen erwärmen sich die unteren Luftschichten so stark, dass das Gleichgewicht der Atmosphäre labil wird. Der Ausgleich dieses labilen Gleichgewichtes geschieht dann durch aufsteigende Luftströme. Beim Empordringen dieser Luftströme in die kälteren Schichten der Atmosphäre kondensiert sich der reichlich mitgeführte Wasserdampf, es entstehen die Cumuluswolken, und wenn der aufsteigende Luftstrom sehr mächtig ist und gewaltsam in sehr grosse Höhen hinaufdringt, so sind Platzregen und Hagelschauer, begleitet von elektrischen Entladungen, die Folge. Ist die umgebende Luft beim Aufsteigen des Luftstroms sehr ruhig, so wachsen, wie man beobachtet hat, auffallend regelmässige, imposante Wolkenbildungen von cylindrischer Gestalt empor. In ihrer Spitze schreitet ein mächtiger Wirbelring mit horizontaler Wirbelachse voran, welcher die kondensierten Wassermassen längere Zeit in grosser Höhe zu halten vermag, sodass sie sich zu grösseren Eisstücken zusammenballen und Hagelschauer herniedersenden. — Die Wirkung

der Böllerschüsse ist dann nach Mack folgendermassen zu erklären. Hat eine starke Überhitzung der unteren, stagnierenden Luftschichten eine gewisse Gewitterschwüle hervorgerufen, so wird mit dem Abfeuern der Böller begonnen. Die Rauchwirbelringe steigen aus den Trichtern empor, durchfahren die labilen Schichten der Atmosphäre, ziehen die überhitzte Luft hinter sich her in kältere Regionen hinauf und lösen so das labile Gleichgewicht aus. Auf diese Weise entsteht über jeder Schiessstelle ein aufsteigender Luftstrom. Je mehr Böller nun vorhanden sind, um so mehr verteilt sich die aufsteigende Luftmasse, um so geringere Höhen erreicht sie, um so mehr schwindet also die Gefahr der Hagelbildung. Man hat auch eine nebelzerstörende Wirkung der Böllerschüsse beobachtet, welche so zu erklären sein soll, dass die kleinen Nebelteilchen infolge der Schallschwingungen der Luft zusammenfliessen und herabfallen. Eine derartige Schallwirkung der Schüsse auf die Wolken dürfte jedenfalls aber nur sekundär zur Erklärung der Erfolge des Wetterschiessens herangezogen werden können.

Wilh. Schlüter.

(Eingegangen 18. Juni 1900.)



Bericht über die VII. Hauptversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft in Zürich vom 5.—7. August 1900.

Nachdem die Teilnehmer der Versammlung am Abend des 5. August eine zwanglose Begrüssungszusammenkunft in der Tonhalle vereinigt hatte, wurden am Morgen des 6. August im Chemiehörsaal des eidgenössischen Polytechnikums die Verhandlungen der Gesellschaft durch ihren Präsidenten van't Hoff (Berlin) eröffnet, und dabei des im letzten Jahre dahingeschiedenen ersten Ehrenmitgliedes der Gesellschaft, Robert Bunsen, ehrend gedacht. Nach den Willkommsbegrüssungen seitens der Züricher Stadtbehörde und der Ortsgruppe der Gesellschaft wurde der Ehrungspreis, welcher mit der Bedingung einer Besichtigung und Berichterstattung über die elektrochemischen Darbietungen der Pariser Weltausstellung verknüpft ist, an Dr. Quincke (Leverkusen) verliehen.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen eröffnete ein Vortrag des Ehrenpräsidenten der Gesellschaft **Hittorf** (Münster) „über die Passivität der Metalle“: er demonstrierte, dass das elektromotorisch zuerst stark wirksame Chrom in einer kurzgeschlossenen Kette $Cr\,NaCl\,H_2\,CrO_4\,Pt$ allmählich passiv und elektromotorisch unwirksam wird, in stromloser Kette jedoch langsam wieder aktiv wird. Anders verhält sich Eisen, insofern es als Elektrode einer analogen galvanischen Kombination nur in Elektrolyten mit sauerstoffhaltigen Anionen passiv wird, in Haloidsalzen dagegen aktiv bleibt; die Passivität des Eisens ist äusserst instabil, verschwindet sehr viel schneller, als die des Chroms. Dass die Passivität nicht von einer Oxydhaut herrührt, beweist die Aktivität von Eisenelektroden, die durch „Anlassen“ in der Flamme mit Oxydschichten homogen überzogen sind.

Die interessanten Mitteilungen riefen eine begeisterte Ovation für den rüstigen und rührigen 76jährigen Altmeister der Elektrochemie hervor.

O. v. Miller (München) machte interessante Mitteilungen über Anlage- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen im Vergleich zu Dampf- und Gichtgasanlagen.

Von den gegebenen Zahlen seien die folgenden angeführt:

Es kostet etwa:

die Anlage pro *P.S.*	Wasser	267 ℳ	
	Wasser u. Dampfreserve	347 „	
	Dampf	300 „	
	Gichtgas	320 „	
der Betrieb pro *P.S.*-Stunde:	Wasser	0,29 Pf	0,65 Pf
	Wasser u. Dampfreserve	0,73 „	1,25 „
	Dampf	1,61 „	2,31 „
	Gichtgas	1,30 „	1,98 „
		am Ort der Anlage.	übertragen auf Entfernung.

Lorenz (Zürich) sprach „über die Ausbildung des Elektrochemikers“, wobei die Vermittlung von mathematischen Kenntnissen im Umfange des bekannten Buches von Nernst und Schönflies, von möglichst ausgedehnter physikalischer und gründlicher anorganisch-chemischer Vorbildung als wichtig betont wurde.

Cohen (Amsterdam) berichtete über die von ihm genau untersuchte Umwandlung der gewöhnlichen oberhalb $+ 20^0$ stabilen weissen Modifikation in die unterhalb dieser Temperatur, besonders schnell bei starker Kälte, sich bildende graue Modifikation, welche infolge ihres erheblich grösseren spezifischen Volumens ein Zerfallen der aus weissem Zinn hergestellten Gegenstände herbeiführt. Der Übergang des gewöhnlich in unterkühltem Zustande (unter $+ 20^0$) befindlichen weissen Zinns in die stabile graue kann durch Impfen (Infektion) mit Partikeln der letzteren, die deshalb als „Zinnpest“ bezeichnet ist, ausgelöst werden.

Nernst (Göttingen) legte die Resultate der Verhandlungen vor, welche unter seinem Vorsitze die Maasseinheiten-Kommission der Gesellschaft gepflogen hatte. Die Kommission empfiehlt, in allen Publikationen, die in dem

bekannten Buche von Kohlrausch & Holborn eingeführten Bezeichnungen zu benützen und zwar mit Angabe ihrer Bedeutung. Im Anschluss daran wird für die Festhaltung der elektrolytischen Einheit der Elektrizitätsmenge, nämlich 96540 Coulombs, und damit ihrer Atomgewichtsbasis $O = 16.000$ eingetreten. Hiermit erklärte sich bei der Diskussion die Versammlung ohne jeden Widerspruch einverstanden.

Le Blanc (Höchst) berichtete über die Verhandlungen des internationalen Kongresses für angewandte Chemie zu Paris, wofür er als Delegierter der Gesellschaft entsandt war. Der nächste internationale Kongress wird 1902 in Berlin tagen.

Haber (Karlsruhe) sprach „über die wasserlöslichen Alkalisalze des Eisenoxyds und der Eisensäure" demonstrierte, dass sich Eisen als Anode in konzentrierten Alkalilaugen zu rotem Ferrat, also unter Bildung von Eisensäureanionen, auflöst. Beim Aufkochen wird die Lösung farblos und lässt beim Verdünnen einen rein weissen krystallinischen Niederschlag fallen, der sämtliches Eisen enthält und zwar in Gestalt von Alkaliferrit, d. h. $Fe(OH)_3$, in welchem analog den Aluminaten H-Atome des dreiwertigen Hydroxyds durch Alkali vertreten sind. Die weissen Ferrite werden durch Wasser in Alkalihydroxyde und braunes Ferrihydroxyd hydrolysiert.

Quincke (Leverkusen) erstattete einen vorläufigen Bericht über die Elektrochemie auf der Pariser Ausstellung. Von physikalischem Interesse war dabei die Erwähnung von Erzeugnissen der Firma Siemens & Halske, wie das Isoliermaterial Ambroin, ein Manganin von einem Temperaturkoeffizienten $\frac{1}{w}\frac{dw}{dT} =$ 0,00001, und die bekannten vorzüglichen Messinstrumente; ferner die mit 1,6 Watt pro Kerze brennende Nernstlampe.

Nernst (Göttingen berichtete „über Elektrodenpotentiale, nach Versuchen und Berechnungen von **Wilsmore**." Die teils aus Bildungswärmen berechneten, teils aus Potentialmessungen abgeleiteten Werte seien im folgenden wegen ihrer theoretischen und für Potentialmessungen ebenso praktischen Bedeutung wiedergegeben:

$K + 3.20$ Volt	$Zn + 0.770$	
$Na + 2.82$	$Cd + 0.490$	
$Ba + 2.75$	$Fe + 0.340$	
$Sr + 2.54$	$Tl + 0.322$	$H + 0$
$Ca + 2.21$	$Co + 0.232$	
$Mg + 1.85$	$Ni + 0.228$	
$Al + 1.276(?)$	$Sn < + 0.192$	
$Mn + 1.075$	$Pb + 0.148$	

$Cu - 0.329$	$F - 1.96$
$As < - 0.293$	$Cl - 1.417$
$Bi < - 0.391$	$O - 1.08$
$Sb < - 0.466$	$Br - 0.993$
$Hg - 0.750$	
$Ag - 0.771$	
$Pd < - 0.789$	
$Pt < - 0.863$	
$Au < - 1.079$	

Diese Werte beziehen sich auf die Potentiale der betreffenden Metalle gegen eine Lösung, welche 1 Mol der Metallkationen im Liter enthält, auf H, d. h. mit Wasserstoff polarisiertes Platin in 1 n-Säure als Nullwert bezogen. Ausserdem werden gegen denselben Nullwert folgende Kombinationen gemessen:

$Zn|n\text{-}H_2SO_4 + 0.78$
$Cd|n\text{-}H_2SO_4 + 0.46$
$Pb|n\text{-}H_2SO_4 + 0.284$ } Accumulator
$Pb|PbO_2|n\text{-}H_2SO_4 - 1.595$ }
$Hg|Hg_2SO_4|n\text{-}H_2SO_4 - 0.691$
$Hg|HgCl|n\text{-}KCl - 0.283$

Es wurde besonders darauf hingewiesen, dass Hg beim Maximum der Oberflächenspannung nicht das absolute Potential 0 haben kann, was auf der Annahme beruht, dass die Oberflächenspannung nur von dem elektrischen Zustande des Quecksilbers abhängt. Diese Annahme verlangt aber eine symmetrische Kurve der Oberflächenspannung diesseit und jenseit der elektrischen Potentialdifferenz 0; da die Kurve in Wirklichkeit unsymmetrisch ist, so muss sich dem elektrischen Einfluss noch ein anderer — etwa von der Natur des Elektrolyten abhängiger — superponieren, der das Maximum vom Potential Null entfernt. Es ist deshalb rationeller, nach Nernst aus chemischen Gründen das Potential von H gegen Normalsäure gleich Null zu wählen.

Küster (Clausthal) berichtet „über die Abscheidung von Eisen und Nickel aus ihren Sulfatlösungen." Die Abscheidungen erfolgen bei den in der Wilsmore'schen Tabelle gegebenen Potentialen. Die von Töpffer festgestellten Zersetzungspunkte sind unrichtig, indem sie nur der Wasserstoffabscheidung entsprechen, die immer vor der Metallabscheidung erfolgt. Die Zersetzungspotentiale der Metalle wurden gefunden, indem mit bestimmten *E. M. K.* elektrolysiert wurde, und dann durch Eintauchen der Platinelektroden in Säure an eintretender oder ausbleibender Bläschenbildung erkannt wurde, ob Fe- resp. Ni-Spuren ausgefallen waren oder nicht.

Bredig (Leipzig) demonstrierte ein sehr hübsches und billig herstellbares Ampèremanometer. Dasselbe besteht in einem elektrolytischen Knallgasvoltameter, dessen Gasentwicklung nicht volumetrisch gemessen wird,

sondern manometrisch, indem das Gas durch eine Kapillare austreten kann, vor welcher der Druck durch ein Steigrohrmanometer gemessen wird. Dieser Druck ist proportional der Gasentwicklungsgeschwindigkeit, d. h. der Ampèrestromstärke bei gegebener Kapillarenlänge und -weite, und durch passende Wahl dieser letzteren Faktoren kann innerhalb weiter Grenzen die Empfindlichkeit der Strommessung variiert werden. Der Temperaturkoeffizient ist für technische Messungen zu vernachlässigen.

Elbs (Giessen) sprach „über das Verhalten der Manganosalze an der Anode." Dieselben werden zu Permanganaten oxydiert, doch ist die Bestimmung nicht einfach, da in saurer Lösung auch die Manganosalze rot gefärbt sind; die Unterscheidung kann qualitativ durch das Auftreten der charakteristischen 5 Absorptionsstreifen im Spektrum der Permanganate erfolgen. Im Voltameter verursachen Eisensalze als Verunreinigung der Schwefelsäure Stromausbeuteverluste, die durch Diffusion der Ferri-Lösung zur Kathode und der Ferro-Lösung zur Anode entstehen und natürlich um so beträchtlicher sind, je geringer die Stromdichte, d. h. je langsamer die Gasentwicklung im Vergleich zur Diffusion wird. 1 Proz. Fe in H_2SO_4 verursacht, z. B. bei 0.2 Amp./dm^2 97 Proz. Stromverlust. Es genügt, den Eisengehalt unterhalb der Nachweisbarkeit durch NH_3 zu halten, um die Stromverluste unmerklich zu machen. Herr **Liebenow** bemerkte in der Diskussion, dass diese Thatsachen von ihm bereits früher erörtert und in der Accumulatorenpraxis allgemein bekannt seien.

Goldschmidt (Heidelberg) trägt über „die Reaktionsgeschwindigkeit bei elektrolytischen Reduktionen" vor; er misst dieselbe in eleganter Weise durch die maximale Stromstärke, die eben noch keine Wasserstoffentwicklung hervorruft, und studiert die Abhängigkeit derselben von der Konzentration des reduzierbaren Körpers. Er findet dieselbe nicht proportional dieser Konzentration, sondern ihrer $^2/_3$ ten Potenz, d. h. nicht der Kozentration im Volumen, sondern in der Fläche, also entsprechend der chemischen Angriffsfläche an den Elektroden. Dem entspricht auch die Erhöhung der Geschwindigkeit, d. h. des Maximalstromes durch Platinieren, also Vergrösserung der Elektrodenoberfläche.

Haber (Karlsruhe) demonstrierte einige neue elektrische Widerstände der Firma **W. C. Heraeus** (Hanau), welche aus einer porzellanartig gebrannten platinhaltigen Masse bestehen, und sowohl vollkommen säure- wie glühfest sind; ihre Oberfläche ist glasiert und nichtleitend.

Lorenz (Zürich) berichtet über die von ihm und seinen Schülern (cf. Zeitschr. anorg. Chem.) ausgeführten Untersuchungen an geschmolzenen Elektrolyten; es ist bewiesen, dass das Faradaysche Gesetz gilt, und dass die Abscheidung z. B. von Pb und Cl_2 aus geschmolzenem $PbCl_2$ reversibel erfolgt, indem dieselbe Spannung dazu erforderlich ist, welche erzeugt wird, wenn in geschmolzenem $PbCl_2$ einer Pb-Elektrode eine Cl_2- beladene Chlorelektrode gegenübersteht. Durch Demonstrationen der Erhitzungsapparate und der letzteren Versuche wurde der Vortrag erläutert.

Palmaer (Stockholm) führte einen Apparat zur Demonstration des elektrolytischen Lösungsdruckes vor: der Lösungsdruck von Quecksilber ist so klein, dass er in einer $^1/_{200}$-norm. Merkuronitratlösung durch den osmotischen Druck der Quecksilberionen überwunden wird; die letzteren schlagen sich daher auf tropfendem Quecksilber nieder, dieses positiv ladend, und die Nitrationen werden als negativer Teil der Doppelschicht mit den Tropfen geführt; sammeln sich die Quecksilbertropfen in einer grösseren Quecksilbermenge, so wird wegen der Verkleinerung der Gesamtoberfläche gegenüber derjenigen der Tropfen das vom Ursprungsort der Tropfen zur Erzeugung der Doppelschicht mitgeführte Hg-Salz grösstenteils der Flüssigkeit zurückgegeben. Diese Konzentrationsverschiedenheit des Hg-Salzes oben und unten gelingt es chemisch nachzuweisen, wenn man sehr feintropfende Elektrode benutzt und die durch das Tropfen verursachte Umrührung geeignet verhindert. Der hierzu dienende Apparat wurde demonstriert und findet sich bereits früher (Ostwalds Ztschr. 28, 274. 1898) beschrieben und abgebildet.

Le Blanc (Höchst) beschrieb ein praktisches Verfahren zur Oxydation saurer Chromsalzlösungen zu Chromsäure durch elektrolytische Oxydation an der Anode. Die hierfür nötigen säurefesten Diaphragmen gelang es aus einer 25 proz. Thonerde, 75 proz. Kieselsäuremasse durch Brennen in den Werken von Villeroy & Boch, Mettlach, herzustellen. Von letzterer Stelle werden Gefasse dieser Art in allen Dimensionen geliefert, was auch für die galvanischen Kombinationen des Laboratoriums wichtig sein dürfte.

Schmidt (Zürich-Örlikon) führte einen von ihm konstruierten Elektrolyseur zur Wasserzersetzung im Modell vor und bemerkte, dass der so gewonnene Wasserstoff in Bomben komprimiert zur Auerbeleuchtung konkurrenzfähig sei mit Acetylen, indem bei 1 Centime Kosten pro Kilowattstunde die Stundenkerze mittelst Wasserstoff-Auer auf 0.025 cm, mittels Acetylen auf 0.059 cm zu stehen kommt, sodass selbst weitere Transporte der Bomben in Betracht kommen; dabei erzeugt die H_2-Beleuchtung kein CO_2 und verbraucht weniger Sauerstoff, als anderes Gas. Mit dem Nernstlicht

stellt sich der Preis der Wasserstoffbeleuchtung etwa gleich.

Loeb (Bonn) sprach „über elektrolytische Reduktionsprozesse".

Thiel (Clausthal) berichtete über seine Untersuchungen von Elektrodenpotentialen in gemischten schwerlöslichen Halogensalzen des Elektrodenmetalls (s. Ztschr. anorg. Chem. **24**, 1. 1900.) und

Küster (Clausthal) führt die (s. ebenda) von ihm zur Messung elektromotorischer Kräfte nach der Kompensationsmethode modifizierten Apparate vor, von denen eine Messbrückenwalze zu erwähnen ist, die anstatt 10 Windungen deren 20 besitzt. An ihre Enden wird ein Accumulator von genau 2 Volt (durch Vorschaltwiderstand oder geringere Säurekonzentration zu erreichen) gelegt, sodass jedem Teilstrich ($^1/_{100}$ Umdrehung) 1 Millivolt entspricht. Als Nullinstrument im Kompensationszweig dient ein Elektrometer nach Ostwald.

Norden (Frankfurt a. Main) trug vor „über die Bestimmung der Stromverteilung auf Elektrodenflächen", welche er dadurch ausführt, dass er ein Gemisch von $CuSO_4$ und $ZnSO_4$ elektrolysiert, welches eine je nach der Stromdichte verschieden zusammengesetzte Legierung von *Cu* und *Zn* abscheidet.

Diese Legierungen unterscheiden sich durch ihre Farbe und eine annähernde Stromdichteskala dieser Farben ergiebt sich durch eine Elektrolyse zwischen einer senkrechten Anode und einer dazu in bekanntem Winkel geneigten Kathode, sodass sich aus der Neigung letzterer annähernd die Stromdichten an den verschiedenen Stellen berechnen lassen.

Besichtigungen der vorzüglich eingerichteten wissenschaftlichen Institute Zürichs, der Ausstellung der schweizer elektrochemischen Firmen, der Maschinenfabrik Oerlikon bildeten den Beschluss der von etwa 100 Teilnehmern besuchten VII. Hauptversammlung. R. A.

(Eingegangen 12. August 1900.)

Tagesereignisse.

Académie Royale des Sciences de Turin.

Programme des deux premiers prix Vallauri pour les années 1899—1902 et 1903—1906.

L'Académie Royale des sciences de Turin, d'après le testament de son associé, Mr. le Sénateur Thomas Vallauri, décernera un prix au savant italien ou étranger, qui du 1er janvier 1899 au 31 décembre 1902 aura publié l'ouvrage le plus considérable et le plus célèbre dans le domaine des sciences physiques, ce mot pris dans sa plus large acception.

Un autre prix sera accordé au savant, qui aura publié le meilleur ouvrage critique sur la littérature latine.

Le montant de chacun des prix susdits est de 30,000 livres italiennes, net, sauf le cas d'une diminution du taux de la rente italienne.

Les prix seront conférés une année après leur échéance.

Ils ne pourront être attribués aux membres italiens, résidants ou non résidants, de l'Académie.

L'Académie ne rendra pas les ouvrages qui lui auront été adressés.

On ne tiendra aucun compte des travaux manuscrits.

Le Président de l'Académie
G. Carle.

Le Secrétaire
de la Classe des Sciences physiques, mathématiques et naturelles
A. Naccari.

Le Secrétaire
de la Classe des Sciences morales, historiques et philologiques
C. Nani.

Personalien.

Dr. Wilhelm Autenrieth, Privatdozent für pharmazeutische und medizinische Chemie an der Universität Freiburg i. B., hat den Charakter als ausserordentlicher Professor erhalten.

Der Professor der Agrikulturchemie, Dr. Pfeiffer in Jena, hat einen Ruf an die Universität Breslau erhalten.

Der Privatdozent für Chemie an der Universität Leipzig, Dr. phil. Wilhelm Euler, ist zum Zweck eines längeren Aufenthaltes an den Farbwerken zu Höchst bis auf Weiteres beurlaubt worden.

Als Nachfolger des in den Ruhestand tretenden Direktors des Chemischen Institutes in Greifswald, Professors Limpricht, wurde Professor Karl Auwers in Heidelberg nach Greifswald berufen.

Professor Dr. Oberbeck, Direktor des Physikalischen Institutes in Tübingen, hat aus Gesundheitsrücksichten seine Pensionirung nachgesucht.

In der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Strassburg hat sich Dr. A. Kreutz für Chemie, insbesondere Nahrungsmittelchemie, habilitiert.

Professor Dr. Joseph Anton Gemeiner hat sich für Mathematik an der Universität in Wien, Dr. Karl Frenzel für allgemeine und angewendete Elektrochemie an der deutschen Hochschule in Brünn habilitiert.

Der Direktor des Berliner Werkes Siemens & Halske und Privatdozent an der Universität Berlin, Prof. Dr. Raps, ist als ordentlicher Professor und Direktor des neu zu erbauenden Elektrotechnischen Institutes an die Technische Hochschule zu Dresden berufen worden.

Berichtigungen.

In der Arbeit von Edm. van Aubel, Heft 44, S. 476, in der Tabelle, ist der Schmelzpunkt des Natriums 95,6° statt 5,6° zu setzen. Der Schmelzpunkt des Siliciums ebendort ist allein durch die Anmerkung 2) bestimmt, die Zahl 850° dafür ist wegzustreichen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 48. 1. September 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Blitzaufnahmen mit bewegter Camera.

Von C. Forch.

F. H. Glew kommt in Eders Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik auf die Frage, in wie weit die mit bewegter Camera erhaltenen vielfachen Blitzbahnen ihren Ursprung der Bewegung der Camera oder einer Windverschiebung der Blitzbahn verdanken (l. c. S. 360). Ich habe im Juli 1899 gelegentlich eines sehr starken am Abend bei noch nicht völliger Dunkelheit niedergehenden Gewitters Aufnahmen erhalten, welche ausser den Blitzen gleichzeitig aufgezeichnete Gebäudeumrisse aufweisen. Die Camera war gegen die Brust gelehnt, machte mithin die Atembewegungen und etwaige andere Körperbewegungen mit. Bei einer der so erhaltenen Aufnahmen ist die Breite der Blitzbahn völlig gleich der Verschiebung der Gebäudeumrisse (Fig.) Bei einer anderen Aufnahme sind die letzteren nur sehr wenig unscharf, die Blitzbahn aber etwa eben so breit wie bei der ersten Aufnahme. Eine dritte Platte zeigt die Gebäude scharf, zwei Blitzbahnen ebenfalls scharf und einfach; bei dieser Aufnahme war die Camera auf eine Fensterbank aufgelegt.

Aus der zweiten Platte lassen sich völlig einwandfreie Schlüsse nicht ziehen, da es möglich ist, dass die der ersten Entladung folgenden zu lichtschwach waren, um die Gebäude so hell zu erleuchten, dass sie photographiert werden konnten. Nur die erste Entladung mag dazu hingereicht haben. Doch ist es im höchsten Masse wahrscheinlich, dass bei der im Augenblick des Blitzes verhältnismässig ruhig gehaltenen Camera nur durch Windverschiebung die Blitzbahn breitgezeichnet bezw. die einzelnen Entladungen getrennt wurden.

Aus der ersten Platte lässt sich aber mit völliger Sicherheit ableiten, dass in dem vorliegenden Falle die Entladungen photographisch



durch Bewegung der Camera getrennt wurden und die Breite der Blitzbahn einzig der Grösse dieser Bewegung entspricht. Dem entsprechend ergiebt die 3. Platte bei ruhiger Camera einfache Blitzbahnen.

Es dürften also die beiden Ursachen, Windverschiebung der Blitzbahn und Bildverschiebung durch Bewegung der Camera, bei den vorliegenden Aufnahmen zur Geltung gekommen sein.

Darmstadt, August 1900.

(Eingegangen 16. August 1900.)

Ein Experiment über die sogenannte anomale Fortpflanzung von Wellen.

Von P. Zeeman.

1. Betrachten wir ein Bündel monochromatischen Lichtes. Es mögen S und S' zwei Wellenebenen sein, deren Abstand nach der gemeinschaftlichen Normalen gemessen z sei; es sei weiter $f(t)$ die Gleichgewichtsstörung auf S, so ist in vielen Fällen, ohne Rücksicht auf einen Amplitudenfaktor, die Gleichgewichtsstörung in S' $f\left(t - \frac{z}{V}\right)$, woselbst V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist.

Es ist von Gouy[1]) entdeckt worden, dass wenn eine Welle durch einen Brennpunkt oder eine Brennlinie geht, z um $\frac{\lambda}{2}$ resp. $\frac{\lambda}{4}$ vermindert werden muss. Man hat dies wohl auch in der Weise ausgedrückt, dass die Wellen sich in der Nähe eines Brennpunktes schneller fortpflanzen (im Brennpunkt selbst sogar mit unendlicher Geschwindigkeit), wodurch sie $\frac{\lambda}{2}$ resp. $\frac{\lambda}{4}$ in der Phase voreilen auf einer Bewegung mit der konstanten Geschwindigkeit V. Gouy nennt diese eigentümliche Fortpflanzung periodischer Störungen eine anomale. Das Gouysche Theorem wurde von ihm selbst für Schallwellen bewiesen; für Lichtwellen gab V. A. Julius[2]) die Erklärung aus der Elastizitätstheorie. Experimentell bewies Gouy sein Theorem für Lichtwellen durch Wiederholung des Spiegelversuches von Fresnel mit einem konkaven und einem ebenen Spiegel; Joubin[3]) verdanken wir eine Bestätigung mit Hilfe des Newtonschen Farbenglases.

Ich möchte mir erlauben, hier eine Anordnung zu beschreiben, welche die anomale Fortpflanzung durch einen Brennpunkt sehr schön zu beobachten gestattet, die ich bis jetzt nur kurz holländisch publiziert habe.[4])

2. Einer Beschreibung dieses Experimentes möchte ich jedoch für Kugelwellen eine kurze Ableitung des Gouyschen Theorems aus der elektromagnetischen Lichttheorie vorangehen lassen, die sich an Hertz Behandlung des elektrischen Vibrators anschliesst.

Man kommt nämlich den Umständen unseres optischen Experimentes wohl am nächsten, wenn man diejenige Kraftverteilung betrachtet, wie sie etwa ein schwingender magnetischer Doppelpunkt hervorruft, eine Bemerkung, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn van der Waals verdanke.

Man denke sich kreisförmige elektrische Kraftlinien in Ebenen senkrecht zur y-Achse, während die magnetischen Ströme in keilförmigen Blättern herumlaufen, welche mit ihrer Kante in der y-Achse liegen. Es sei r der Abstand eines Punktes vom Koordinatenursprung, ψ eine Funktion von y, r, t, welche der Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = V^2 \Delta\psi \tag{1}$$

genügt.

Wir betrachten nur die elektrische Kraft R (X, Y, Z).

Das System

$$X = -\frac{\partial\psi}{\partial z}, \quad Y = 0, \quad Z = \frac{\partial\psi}{\partial x} \tag{2}$$

bezeichnet dann eine mögliche Lösung der Hertz-Heavisideschen Gleichungen und es wird

$$R = \sqrt{X^2 + Z^2} = \frac{\sqrt{x^2 + z^2}}{r} \cdot \frac{\partial\psi}{\partial r}. \tag{3}$$

Wir setzen nun für eine divergente Welle

$$\psi = \frac{A}{r} \sin(n t - m r), \tag{4}$$

woselbst

$$n = \frac{2\pi}{T}, \qquad m = \frac{2\pi}{\lambda}$$

(3) genügt der Gleichung (1), sobald

$\frac{n}{m} = \frac{\lambda}{T} =$ der Lichtgeschwindigkeit V ist.

Aus (3) geht hervor, dass einerseits die elektrische Kraft dem Sinus des sphärischen Abstandes zwischen der y-Achse und r, anderseits $\frac{\partial\psi}{\partial r}$ proportional ist.

Es ist also die Änderung von R mit r bestimmt durch

$$\frac{\partial\psi}{\partial r} = -\frac{A}{r^2}\sqrt{\left(1 + \frac{4\pi^2 r^2}{\lambda^2}\right)} \sin\left(nt - mr + \text{arc tg}\,\frac{2\pi r}{\lambda}\right). \tag{5}$$

Für eine konvergierende Welle wird:

$$\frac{\partial\psi}{\partial r} = -\frac{A}{r^2}\sqrt{\left(1 + \frac{4\pi^2 r^2}{\lambda^2}\right)} \sin\left(n t + m r - \text{arc tg}\,\frac{2\pi r}{\lambda}\right). \tag{6}$$

Liegen zwei Punkte A und B in Abständen r_1 und r_2 auf verschiedenen Seiten vom Fokus, so ist deren Distanz $r_1 + r_2$, die Phasendifferenz der elektrischen Kraft in diesen Punkten gemäss (5) und (6)

1) Gouy. Sur la propagation anomale des ondes. Ann. de Chim. et de Phys. (6) **24**, 145. 1891.

2) V. A. Julius. Archiv. Néerl. **28**, 226. 1895.

3) Joubin. Comptes Rendus. **115**, 932. 1892.

4) Zeeman. Verslagen Afd. Natuurkunde. Akad. Amsterdam. p. 11, Mei 1897.

$$\left(\frac{2\pi r_1}{\lambda} - arc\,tg\,\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right) + \left(\frac{2\pi r_2}{\lambda} - arc\,tg\,\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right),$$

also einen Phasenverlust von

$$arc\,tg\,\frac{2\pi r_1}{\lambda} + arc\,tg\,\frac{2\pi r_2}{\lambda}\,.$$

Schon für $r_1 = r_2 = \lambda$ entspricht dies einem Phasenunterschied von beinahe einer halben Wellenlänge.

Man kann sich Oberflächen konstruiert denken, auf denen für einen bestimmten Wert von t die Phase der elektrischen Kraft konstant ist.

Man kann sich dann die Frage stellen, um welchen Betrag r sich ändern muss, damit die Phase sich nicht ändere, falls t den Zuwachs dt erfährt; man bekommt dann $\frac{dr}{dt}$, eine Grösse, welche man Phasengeschwindigkeit nennen kann und die im Allgemeinen nicht gleich ist der Grösse V [der Gleichung (1)], welche immer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Grenze der Störung darstellt.[1])

Die Phasengeschwindigkeit wird in unserem Falle

$$\frac{dr}{dt} = V\left(1 + \frac{\lambda^2}{4\pi^2 r^2}\right)$$

also wenn r unendlich klein im Verhältnis zu λ, unendlich, und für sehr grosse Werte von r wiederum V.

3. Zur experimentellen Bestätigung der Phasenänderung einer halben Wellenlänge bediene ich mich einer plankonvexen Linse aus Kalkspat, in welcher die optische Krystallaxe in der ebenen Seitenfläche der Linse liegt. Es hat dieselbe natürlich zwei verschiedene Brennpunkte für die ordinären und extraordinären Strahlen. Bei der mir von Steeg und Reuter angefertigten Linse befinden sich die Brennpunkte in Abständen von 33 resp. 44 cm von derselben. Es war der Durchmesser der Linse etwa 28 mm.

Wird eine solche Linse zwischen zwei gekreuzten oder parallele Nikols aufgestellt, so kann man ein System konzentrischer Ringe beobachten, ähnlich dem Newtonschen, aber in der Ursache davon verschieden. Falls die optische Axe in der Linse einen Winkel von 45° mit den Hauptschnitten der Nikols einschliesst, sind die Ringe am schönsten.

Bei Benutzung eines ausgedehnten Lichtbündels ist das Ringsystem auf der Linse lokalisiert, bei punktförmiger Lichtquelle aber ist es in jedem Punkte des Raumes sichtbar. Indessen lassen sich die Ringe nur dann gut beobachten, wenigstens bei Benutzung weissen oder nicht sehr monochromatischen Lichtes, falls die Phasendifferenz der beiden aus der Linse tretenden Bündel klein bleibt. Ohne aber mit Rücksicht darauf die Linse äusserst dünn zu machen, kombiniert man besser mit einer dickeren Linse eine planparallele Kalkspatplatte, parallel der optischen Axe. Es werden die Hauptrichtungen der Platte gegen diejenigen der Linse um 90° gedreht. Durch Drehung dieser Hülfsplatte um eine der Hauptrichtungen kann man im Mittelpunkte der Linse jeden gewünschten Phasenunterschied hervorbringen und das Ringsystem so deutlich wie möglich machen. Je nach der optischen Dicke der Kombination kann nun der Mittelpunkt des Systems weiss oder dunkel gemacht werden, wenn man ihn zwischen den Brennpunkten beobachtet, er ist dann nach den Gouyschen Theorem ausserhalb dieser Punkte dunkel oder weiss.

Als Lichtquelle benutzte ich eine sehr feine mit Kalklicht bestrahlte Öffnung. Die Linse war in einer Distanz von etwa 2,5 m von der Lichtquelle aufgestellt. Linse, Hülfsplatte, Analysator und Lupe (Vergrösserung 8-fach) befanden sich auf einer optischen Bank. Mit weissem Lichte liess sich eine grosse Anzahl von Ringen beobachten, und was gewiss bemerkenswert ist, es liess das Ringsystem sich bis ganz nahe an die Brennpunkte verfolgen.

Es lassen sich leicht weitere Modifikationen des Versuches erhalten, z. B. durch Erzeugung zirkularpolarisierten Lichtes im Mittelpunkte. Ich möchte dies jedoch nicht weiter ausführen.

Amsterdam, August 1900.

(Eingegangen 19. August 1900.)

1) D. P. Moll. Het beginsel van Huygens. Inaug. Diss. Utrecht 1900.

Eine neue Spaltvorrichtung an Spektralapparaten.

Von Carl Fritsch.

Einen der wichtigsten Bestandteile an Spektrometern und Spektrographen bildet der Spalt. Von der Güte desselben ist man sehr abhängig, namentlich ist ein guter Spalt für eine gute photographische Aufnahme des Spektrums eine unerlässliche Bedingung. Gute Metallspalte durch Einschleifen der gegenüberstehenden Ränder herzustellen, bietet dem Feinmechaniker oft grosse Schwierigkeiten, besonders wenn der Spalt eine grössere Länge haben muss, wie es bei Spektrographen erforderlich ist, wenn man mit dem auszumessenden Spektrum ein Vergleichsspektrum aufnehmen will.

Exner & Haschek[1]) umgingen den gewöhnlich gebräuchlichen aus zwei verstellbaren

1) Wien. Sitz.-Ber. **104**, 2, 1895.

Metallbacken hergestellten Spalt, indem sie auf einer Quarzplatte zwei Stanniolstreifen in einem sehr kleinen, gegenseitigen Abstande befestigten. Ihre Spaltbreite betrug 0,012 mm. In folgendem soll eine Spaltherstellung beschrieben werden, die mit hoher Exaktheit die Vorzüge der leichteren Herstellung verbindet. Wenn man auf einen Spiegel (Silberbeleg auf Glas), in dessen Belegung ein sehr feiner Schnitt gezogen ist, Licht auffallen lässt, so wird dasselbe nur durch die Stelle, an der die Belegung fehlt, hindurchgehen, überall sonst aber reflektiert. Nach diesem Prinzipe gelang es sehr gute Spalte, und namentlich solche von grösserer Länge, herzustellen.

Righi verwandte derartige durch einen sehr schmalen Zwischenraum von einander getrennte Silberbelege als Resonatoren für elektrische Schwingungen.[1])

Zur Herstellung der Spalte verwandte ich teils käufliche Silberspiegel, teils stellte ich mir dieselben nach Böttchers Verfahren auf Spiegelglas oder auf Quarzplatten (zu photographischen Aufnahmen des Ultraviolett) selbst her.

Der Schnitt selbst wurde mittels eines geeignet geschliffenen, messerförmigen Stahles oder einer Stahlspitze gezogen. Um die Bedingungen für eine gute Schnittführung variieren zu können, wurde die Glasplatte auf dem Support einer Drehbank geeignet befestigt und konnte unter der Schneide, die sich in einem einfachen Hebelwerk um die Kernerspitzen der Bank drehen liess, durchgezogen werden. Die geeignete Belastung der Schneide liess sich so gut ausregulieren. Von letzterer, sowie von der Schärfe und dem Winkel der Schneide und der Art der Versilberung, ist die gute Herstellung des Spalts abhängig.

Righi stellte die feinsten Schnitte in der Versilberung mittelst eines Diamanten statt mittelst eines Stahles her; die so erzeugten Spalte zeigten unter dem Mikroskope eine gleichförmige Breite und ganz geradlinige Ränder. Stahlspitzen und Stahlschneiden lieferten ihm immer Einschnitte, die sich unter dem Mikroskope wie ein breiter unregelmässiger Riss in der Silberfläche ausnahmen.

Da jedoch stets ein Einschneiden des Diamanten in das Glas, das die Versilberung trägt, zu befürchten ist, sind Stahlschneiden mehr zu empfehlen, obwohl mit denselben nicht stets die gleichen Resultate zu erzielen sind.

Es gelang jedoch hiermit Spalte herzustellen, die unter dem Mikroskope bei einer etwa 300-fachen Vergrösserung durchaus gleiche Breite und hinreichend gerade Ränder zeigten. Immerhin ist man etwas vom Zufall abhängig.

1) Righi, Optik der elektrischen Schwingungen, 22ff.

Spalte von etwa $^1/_{100}$ mm Breite herzustellen, gehört noch nicht zu dem schwierigsten.

Bei Anwendung einer derartigen Breite lagern sich bei Anwendung eines einzelnen Crownglasprismas die beiden D-Linien nicht mehr übereinander, sondern sind scharf getrennt nebeneinander zu sehen.

Der Nachteil, dass diese Spalte nicht verstellbar sind, wäre vielleicht in der Art zu umgehen, dass man einige Spalte von verschiedener Breite auf eine Spiegelglasplatte zieht, die am Kollimatorrohr vor einer etwa 1—2 mm breiten Blende verschiebbar angebracht ist.

Mit derartigen Spalten in einem Ederschen Quarzspektrographen gelang es mir Photographien von ultravioletten Funkenspektren zu erhalten, die denen von Herrn Eder veröffentlichten an Schärfe vollkommen gleichwertig sind.

Darmstadt, Physikalisches Institut der technischen Hochschule, August 1900.

(Eingegangen 18. August 1900.)

Über das Wärmeleitungsvermögen von Eisen.

Von Edwin H. Hall.[1])

Kürzlich gelegentlich einer sorgfältigen Prüfung der Zahlen, die in Landolt und Börnsteins Tabellen und in Winkelmanns Handbuch für das Wärmeleitungsvermögen *k* und dessen Temperaturkoeffizienten α von Schmiedeeisen gegeben werden, fand ich zu meinem Erstaunen viele Ungenauigkeiten und Unklarheiten (besonders in Winkelmann). Ich sah mich daher veranlasst, eine einigermassen kritische Zusammenfassung über die Methoden und Resultate zu schreiben, die in diesem zwar beschränkten aber doch viel bearbeiteten Felde der Forschung vorliegen. Ich fühlte mich umsomehr hierzu veranlasst, weil eben die meisten neueren in England publizierten Bücher noch der alten Gewohnheit huldigen, die Resultate von Forbes so hinzustellen, als ob sie einzig und allein speziell der Erwähnung wert wären, trotzdem diese Resultate für die bekanntesten seiner Stäbe seitdem lange durch Arbeiten mit demselben Stab und in demselben Laboratorium widerlegt und auch überholt worden sind.

Holborn und Wien[2]) veröffentlichten zwar vor ein Paar Jahren die Resultate einer Diskussion, die der meinen ziemlich ähnlich ist. Die Diskussion selbst wurde jedoch nicht mit herausgegeben. Überdies finde ich, dass in einer Anzahl von Einzelheiten (besonders bezüglich des Wertes α) unsere Resultate nicht übereinstimmen. Zu den interessantesten Er-

1) Ausführlich in Physic. Review **10**, 277, 1900.
2) Zeitschr. Ver. Deutsch. Ingen. **1896**. 40.

gebnissen der vorliegenden Zusammenstellung gehört folgendes: Angström lief bei der Ermittelung von k ein grober, jedoch sehr einfacher Rechenfehler unter, der mehr als ein Menschenalter lang überall auf Angströms Autorität hin wieder citiert wurde. Ferner beziehen sich „Schmiedeeisen“ (Forbes) und „Eisen gekühlt“ und „Eisen gewöhnlich“ (Mitchell) [erwähnt in Landolt und Börnstein] auf ein und dasselbe Eisenstück.

In der folgenden kritisch gesichteten Tabelle sind ausser k, dem Wärmeleitungsvermögen noch $\varkappa$ das elektrische Leitvermögen und die Dichte ϱ nach den in den jeweiligen Originalarbeiten angegebenen Werten eingefügt.

Beobachter	ϱ	$\varkappa \cdot 10^7$	k
Beobachtung des stationären Zustandes mit äusserer Leitung.			
Forbes	7,79	?	0,207(?) bei 0° C. (s. Mitchell).
Mitchell	7,79	?	0,1509 (?) bei 0° C. (spez. W. unsicher).
Stewart	7,556	?	0,175 (?) bei 0° C.
Methoden, basierend auf periodischen Temperaturänderungen.			
Angström	?	?	0,1655 (?) bei 0° C. (spez. W. unsicher.)
Neumann	7,74	?	0,1637 (?) bei ?.
H. Weber	7,761	604 bei 44° C.	0,1485 bei 39° C.
Beobachtung des Steigens oder Fallens der Temperatur bei innerer und äusserer Leitung.			
Lorenz	7,828	1037,4 bei 0° C.	0,1665 bei 0° C.
Beglinger	7,74	?	0,130 (?) bei ?°. Ungenaue Methodik.
Beobachtung des stationären Zustandes mit Schutzring oder Umhüllung.			
Berget	?	941 bei 15° C.	0,1587 bei 15° C.
Hall	7,785	817 bei 18° C.	0,1528 bei 28° C.

Temperaturkoeffizient von k.

Lorenz	$\alpha = 0{,}0002282$
Hall	$\alpha = 0{,}0003$ oder etwas weniger.

Die beiden einzigen Werte für α, die hier beibehalten wurden, waren nach sehr verschiedenen Methoden ermittelt. Sie haben das wichtige gemeinsam, dass bei jedem von ihnen genau dasselbe Stück Metall zur Ermittelung von k bei einer tiefen, wie auch bei einer hohen Temperatur gebraucht wurde. Der ganze Apparat erlitt bei dem Übergang von der einen zur anderen Temperatur in sich keine oder so gut wie keine Änderung.

Bei der Methode von Forbes, die auch Mitchell und Stewart zur Bestimmung von α anwandten, wurde der Wert für k bei hoher Temperatur für das eine Ende des Stabes bestimmt, der für eine tiefere Temperatur für einen anderen Teil desselben, wo das Metall immerhin nicht von genau derselben Beschaffenheit sein konnte. Aus diesem Grunde und aus anderen, die aus meiner ausführlichen Diskussion der Messungen nach Forbes Methode einleuchtend sind, habe ich keinen der nach dieser Methode gewonnenen Werte von α beibehalten.

Der Wert, der aus den Daten von Angström hergeleitet werden könnte, scheint ebenfalls zu unsicher, um ihn in der Tabelle mit aufzuführen.

Wenn man für Schmiedeeisen für hohe Temperaturen $\alpha = -0{,}00025$[1]) setzt, so glaube ich, kann man der Grössenordnung völliges und der ersten Ziffer einiges Vertrauen schenken. k und α haben wir in vier Fällen in C. G. S. Einheiten. Durch Reduktion auf 0° C. unter Benutzung der Formel $\varkappa_0 = k - (1 - 0{,}0051\,t + 0{,}0000113\,t^2)$ als Temperaturformel für das elektrische Leitvermögen, — 0,00025 als Wert für α, angenommen, ergiebt sich in den vier Fällen:

Beobachter	ϱ	$\varkappa$	k	$k-\varkappa$
Lorenz	7,828	10374.10−6	0,1665	1605
Berget	?	10160 „	0,1593	1568
Hall	7,785	8958 „	0,1539	1716
H. Weber	7,772	7540 „	0,1500	1989

k beträgt im Mittel 0,1574 aus diesen vier Werten. Der Mittelwert, den Holborn und Wien[1]) berechneten, betrug 0,156 (ohne Temperaturangabe). Es ist klar, dass einem Abnehmen der Dichte hier ein Kleinerwerden von $\varkappa$ und k entspricht.

Beglingers Resultate ergaben auch für weiches Eisen, dass einem Abnehmen von ϱ um ein Prozent eine Abnahme von k um mehrere Prozente entsprach. Es würde indes unklug sein, endgültige numerische Schlüsse aus obigen Zahlen zu ziehen, denn alle Werte für $\varkappa$ und k sind in gewissem Grade unsicher, ja sogar Webers ϱ ist etwas zweifelhaft, denn er giebt nicht die Temperatur an, für die $\varrho = 7{,}761$ ist.

Ich habe hierfür die Temperatur 39° C. angenommen, die er als Mitteltemperatur bei der Bestimmung von k angiebt. Wir würden in Bezug auf unsere Schlüsse auf einem sichereren Boden stehen, wenn wir das ϱ für das von Berget benutzte Eisen kennen würden. $\varkappa$ und k dieses Eisens scheinen einer grossen Dichte zu entsprechen.

Wenn schon k bei grösser werdendem ϱ sehr schnell zu wachsen scheint, so wächst indes $\varkappa$ noch viel rascher; wir finden daher mit einer Ausnahme, dass $k-\varkappa$ abnimmt, wenn k wächst. Diese Ausnahme mag ihre nicht klar ersichtliche Ursache haben in der verschiedenen Beschaffenheit der von Lorenz und Berget benutzten Eisensorten. Sie kann auch durch einen Fehler in der Messung des einen oder des anderen

1) Holborn und Wien, l. c. erhalten, indem sie die Werte von α von Mitchell und Stewart beibehalten, als wahrscheinlichsten Wert $\alpha = -0{,}001\,011$.

Forschers begründet sein. Die Bestimmung dieses Verhältnisses auf 1 Prozent genau würde ein sehr schönes Resultat sein. Es dürfte sich übrigens verlohnen, zu untersuchen, welche Werte für dieses Verhältnis für andere Metalle, die Berget und Lorenz untersuchten, von denselben erhalten wurden. Diese Metalle sind Kupfer, Zinn, Blei und Antimon. Messing wurde als zu unsicher in seiner Zusammensetzung ausgelassen.

Da Bergets Zahlen für 15^0 C. angegeben sind, müssen dieselben auf 0^0 C. reduziert werden. Am besten thut man, wenn man hierfür den von Lorenz gefundenen Temperaturkoefficienten benutzt. Man bekommt auf diese Weise für $k—\varkappa$ bei 0^0 C.

	Lorenz:	Berget:
Kupfer	1574	1516
Zinn	1635	1727
Blei	1627	1532
Antimon	2011	1629

Man hat demnach von fünf Fällen vier (Eisen mitgerechnet), in denen die von Berget für $k—\varkappa$ gefundenen Werte kleiner sind als die Lorenzschen. Ich bin deshalb geneigt, die oben erwähnte Ausnahme $k—\varkappa$ für Eisen einen Fehler in der Messung zuzuschreiben und das Abnehmen von $k—\varkappa$ bei wachsenden k für die Regel zu halten.

Ich komme schliesslich zu folgenden Vorschlägen:

1. Wenn für ein Metall das Wärmeleitvermögen bestimmt werden soll, so sollte nicht unterlassen werden, sein elektrisches Leitvermögen und seine thermoelektrische Stellung ebenfalls zu bestimmen. Ebenso sollte, soweit ausführbar, eine möglichst genaue Aufstellung seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften gegeben werden.

2. Man sollte nicht allein auf die wahrscheinliche Genauigkeit seiner Methode sehen, sondern auch auf das überzeugende an ihr; damit nicht immerhin exakte Resultate mit Zweifel aufgenommen werden und dadurch vielleicht ihre Wirkung verlieren.

3. Die von Berget angewandten allgemeinen Methoden sind besonders einfach, direkt und einleuchtend; seine wahrscheinlich sehr genaue k-bestimmung für Quecksilber ergiebt für andere Messungen eine festliegende Konstante, mit Hülfe deren man unter Anwendung der Schutzringmethode das Leitvermögen anderer Metalle, unter Aufwendung bedeutend weniger Mühe, bestimmen kann als bei unabhängigen absoluten Messungen.

Ein besonderes schlagendes Beispiel, wie alte Zahlenwerte für das Wärmeleitungsvermögen ohne Kritik verwandt werden, liefert die Arbeit von Liebenow: „Zur Thermodynamik der Thermoketten."[1]) Liebenow leitet aus seiner Theorie die folgende Formel für die thermoelektromotorische Kraft in irgend einem Metall ab:

$$\frac{dE}{dT} = + 2{,}04 \sqrt{\frac{R \cdot L}{T}}.$$

Hierin ist:

dE die elektromotorische Kraft in Volt
dT Temperaturdifferenz in Celsiusgraden
R spezifischer Widerstand in Ohm
L Wärmeleitfähigkeit
T absolute Temperatur.

Er sagt nun:

„Für Kupfer erhält man hiernach bei 15^0 C., wenn man die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Kupfers zu 0,7 annimmt

$$\frac{dE}{dT} = + 0{,}24 \sqrt{0{,}8 \cdot 0{,}000001635 - 288} = + 0{,}0001375 \text{ Volt.}“$$

Warum Liebenow den Wert 0,8 nimmt, sagt er nicht.

Die Werte, die Winkelmann auf Grund verschiedener Autoritäten angiebt, liegen zwischen 0,6296 und 1,11. Aber nachdem Liebenow diesen Wert für Kupfer eingeführt hat, verfährt er merkwürdig weiter. Er berechnet das Wärmeleitvermögen für Eisen, indem er 0,8 mit dem Werte multipliziert, den Wiedemann und Franz für das Wärmeleitvermögen des Eisens, verglichen mit Kupfer, fanden, als wären in den letzten 45 Jahren gar keine Fortschritte zu verzeichnen.

Die Werte für das elektrische Leitvermögen sind von Matthiessen übernommen. Demnach bekommt Liebenow für Eisen

$$\frac{dE}{dT} = \pm 128{,}2 \text{ Mikrovolt},$$

„und man erhält für das Eisenkupferelement: — 9,3 Mikrovolt (d. i. 128,2 — 137,5), was mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmt."

Um zu zeigen, welchen Wert Liebenow auf den Fall Eisen-Kupfer legt, will ich noch eine andere Stelle anführen.

„Da der elektrische Strom im Kupfereisenelement unter 276^0 an der warmen Lötstelle vom Kupfer zum Eisen fliesst, die elektromotorische Kraft des Kupfers aber in diesem Falle grösser ist, als die des Eisens, so folgt, dass die Richtung dieser Kräfte den Wärmestrom entgegengesetzt ist, d. h. die positive Elektrizität wird in diesen Metallen bei ungleichmässiger Temperaturverteilung gegen die warme Stelle getrieben.

Da ferner sämtliche von Matthiessen untersuchten Metalle in der Kombination mit Kupfer kleinere elektromotorische Kräfte ergeben, als

1) Wied. Ann. 68, 316. 1899.

137,5 Mikrovolt, so muss man schliessen, dass alle Metalle bei ungleichmässiger Erwärmung am warmen Ende positiv elektrisch werden."

Doch betrachten wir, wie die Sache sich verhält unter Benutzung der vorzüglichen Resultate von Lorenz und Berget, die in Bezug auf Wiedemann jüngeren Datums sind.

Nach den Zahlen von Lorenz erhält man für Kupfer bei 0° C.

$$\frac{dE}{dT} = 2{,}04 \sqrt{\frac{RL}{T}} = 2{,}04 \sqrt{\frac{k}{\varkappa T}} 10^{-9} = 0{,}0001549 \text{ Volt.}$$

Für Eisen bei derselben Temperatur

$$\frac{dE}{dT} = 2{,}04 \sqrt{\frac{k}{\varkappa T}} 10^{-9} = 0{,}0001564 \text{ Volt}.$$

Man findet so, im Gegensatz zu Liebenow, $\frac{dE}{dT}$ für Eisen grösser. Bei 15° C., der von Liebenow angewandten Temperatur, würde $\frac{dE}{dT}$ für Eisen etwas grösser sein, als bei 0° C.

Nach Bergets Daten bekommt man bei 15° C. für Kupfer

$$\frac{dE}{dT} = 2{,}04 \sqrt{\frac{1{,}045}{651\,300 \cdot 288}} = 0{,}0001519 \text{ Volt}$$

und für Eisen bei derselben Temperatur

$$\frac{dE}{dT} = 2{,}04 \sqrt{\frac{0{,}1587}{94\,100 \cdot 288}} = 0{,}0001561 \text{ Volt.}$$

Hier ist $\frac{dE}{dT}$ für Eisen wieder grösser als für Kupfer.

Was nun auch immer Liebenows allgemeine Theorie für sich haben mag, eine Revision seiner Berechnungen scheint doch nötig zu sein.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Fritsch.)

(Eingegangen 31. Juli 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

G. Gouy, Über die Etalons der elektromotorischen Kraft.

Vorliegender Bericht enthält im wesentlichen eine Zusammenfassung von Untersuchungen, die das Clark- und Wertonelement zum Gegenstand haben. Es werden die Formen besprochen, die von verschiedenen Seiten für die beiden Normalelemente vorgeschlagen sind, und es wird dabei auf die einzelnen Faktoren hingewiesen, die den Betrag der elektromotorischen Kraft beeinflussen.

Folgende Originalabhandlungen sind berücksichtigt:

1) Hilbert, British Anna. report. 1896.
2) Latimer, Clark Philos. Transact. 164, 1874.
3) T.-T. Glazebrook, Philos. Transact. 183, 1893.
4) Callendar und Barnes Proceed. Royal Soc. 62. 1897.
5) Reyleigh, Philos. Transact. 175, 1884 u. 176, 1885.
6) Henderson, Philos. Magazine 1899.
7) Spiers, Trogman, Waters Philos. Magazine 45.
8) Wright, Thompson Philos. Magazine 16, 1883.
9) Cachart, Guthe Phys. Review 9, 1899.
10) Waidner, Mallory Philos. Mag. 48, 1899.
11) Gouy, Journal de phys. 7, 1888.
12) Gouy, Journal de phys. 9, 1895.
13) Gouy, Compt. rend. 1900.
14) Limp, Journal de phys. 5, 1896.
15) Annales de Chimie et de Physique 8, 1898.
16) Ostwald, Zeitsch. f. phys. Chem. 1.
17) Jaeger und Kahle, Wied. Ann. 45, 1898.
18) Jaeger, Wied. Ann. 65, 1898.
19) Kohnstamm und Cohen, Wied. Ann. 65, 1898.
20) Jaeger und Wachsmuth, Wied. Ann. 59, 1896.
21) Kahle, Wied. Ann. 51, 1894.

S. Oppenheimer.

(Eingegangen 15. Aug. 1900.)

H. Nagaoka, Über Magnetostriktion.

Die sehr komplizierten Deformationserscheinungen, welche ferromagnetische Körper im Magnetfelde zeigen, lassen auf den ersten Blick keine inneren Beziehungen erkennen. Auch sind die

Messungen auf diesem Gebiete ungemein schwierig, da es sich manchmal um Grössen molekularer Dimension handelt. Immerhin stehen im grossen und ganzen bei richtiger Interpretation der Versuchsergebnisse die Resultate mindestens in qualitativer Übereinstimmung. Und wenn auch keine der bisher aufgestellten Theorien imstande scheint, alle bezüglichen Erscheinungen zu erklären, so zeigt sich einerseits unverkennbarer Parallelismus mit den Erscheinungen der Elektrostriktion, andererseits ermöglicht die Umkehrbarkeit von Deformationen durch magnetische Kräfte und Einfluss mechanischer Kräfte auf die Magnetisierung eine relativ günstige Art der Beobachtung.

Die der Messung unterzogenen Grössen sind: Längenänderung, Volumänderung und Torsion, entstanden durch gleichzeitige Einwirkung longitudinaler und zirkularer Magnetisierung.

Die Längenänderung unter dem Einflusse des Magnetfeldes wurde an Eisen von Joule 1842 zuerst konstatiert, dann von Mayer 1872 (Histeresis der Erscheinung), Barett 1874 (Nickel zeigt entgegengesetztes Verhalten), Bidwell 1888 (Maximum beim Eisen für bestimmte Feldstärke), weiter verfolgt.

Die Messmethoden waren diejenigen mittelst eines Fühlhebels und mittelst der Interferenzstreifen. Der Verfasser verwendete bloss die erstere. Die angewandten Vorsichtsmassregeln richten sich hauptsächlich auf Elimination des Temperatureinflusses. Hierzu war der Fühlhebel nach Art eines Rostpendels gebaut, und es wurde sehr rasch gemessen. Auch legt der Verfasser Gewicht darauf, dass das zu untersuchende Objekt vollständig in einem homogenen Feld eingebettet sei und nirgends aus demselben herausrage.

Die Studien wurden zumeist an ovoidförmigem Material gemacht, und die Verlängerung wird für $H = 40$ *CGS* ein Maximum (3.10^{-6} bis 4.10^{-6} der ursprünglichen Länge). Bei steigender Feldstärke vermindert sich die Länge, und bei $H = 200$ ist diese bereits kleiner als im unmagnetischen Zustande. Die Kontraktion wächst dann weiter und scheint sich nicht asymptotisch einem bestimmten Werte zu nähern (selbst bei 2200 *CGS*). Der absolute Wert der Kontraktion ist dann rund $\frac{1}{100000}$. Ähnlich verhalten sich verschiedene Stahlsorten. Ein Nickelovoid zeigt Kontraktion, die relativ beträchtlich ist bei schwachen Feldern; sie wächst mit der Intensität des Feldes und nähert sich, ohne ein Maximum zu zeigen, asymptotisch einem Grenzwerte. Die Verkürzung ist stärker als beim Eisen, bei 2000 *CGS* $\frac{1}{30000}$ der ursprünglichen Länge. Ein spindelförmiges Stück Kobalt zeigte entgegengesetztes Verhalten wie Eisen, anfangs Kontraktion bis $H = 300$ *CGS*, dann Verlängerung. Bei 750 *CGS* hatte es seine ursprüngliche Länge.

Zu genauerem Studium wurde an einem Eisenovoid ein Kreisprozess durchgeführt. Magnetisiert man bis zur Kontraktion und vermindert dann die Feldstärke, so verlängert sich das Ovoid unter Anzeige von Hysteresis, d. h. es ist kürzer für gleiche Feldstärke bei abnehmendem H als bei steigendem. Für schwache Felder ist die Verlängerung grösser in der rückläufig absteigenden als in der ersten ansteigenden Kurve (H als Abscisse $\frac{\delta l}{l}$ als Ordinate.) Das Ovoid beginnt bereits sich zu verkürzen, bevor das Feld Null erreicht ist. Bei Umkehr der Feldrichtung vermindert sich die Länge noch ein wenig mit wachsender negativer Feldstärke, passiert dann ein Minimum und beginnt sich wieder zu verlängern. Der Anstieg der Kurve ist ein relativ langsamer und man erreicht ein Maximum, symmetrisch dem Maximum, das auf der positiven Seite liegt. Von da an verkürzt sich das Ovoid rasch und nahezu spiegelbildlich zum Vorgang auf der positiven Seite. Die so erhaltene Hysteresiskurve ist zwar einigermassen kompliziert aber bezüglich des Feldes Null symmetrisch. — Die analoge Kurve für Kobalt verhält sich ganz ähnlich, diejenige für Nickel ist etwas einfacher, indem sie sich nur aus zwei Erhebungen zusammensetzt.

Die Resultate des Verfassers stehen im Einklange mit denen Bidwells. Letzterer sowie Brackett und Klingenberg haben weiter gezeigt, dass Belastung eines Eisendrahtes die Ausdehnung durch Magnetostriktion verringert. Bei Nickel bewirkt analoge Anbringung von Gewichten Verminderung der Kontraktion. Ausserdem zeigen sich noch Einflüsse der Struktur des Materiales, je nachdem bevorzugte Faserrichtungen vorhanden sind. Mit wachsender Temperatur wird beim Eisen das Maximum in der Richtung der stärkeren Felder verschoben, und beim Nickel wird die Kontraktion kleiner. Versuche an Wismuth ergaben noch keine einwandfreien Resultate.

Änderungen des Volumens nachzuweisen, ist Joule an Eisen nicht gelungen und ebensowenig Cantone, doch konnte letzterer an Nickel Volumänderung im Magnetfelde konstatieren. Knott wies an Eisen, Nickel und Kobalt Änderungen nach und Bidwell zeigte 1894, dass auch die Dichte des Eisens sich ändern müsse. Nach Messungen des Verfassers ist die Vergrösserung des Ovoidvolumens ausserordentlich gering und zwar für $H = 2000$, bei Nickel kleiner als 10^{-6}, bei Eisen nahezu 10^{-6}, für verschiedene Stahlsorten 2.10^{-6} bis 3.10^{-6} des ur-

sprünglichen Volumens. Die Volumänderung wächst regelmässig mit steigender Feldstärke.

Die ersten Untersuchungen über Detorsion eines Eisendrahtes unter Einfluss des Feldes und Torsion eines Drahtes unter gleichzeitiger Einwirkung longitudinaler und zirkularer Magnetisierung stammen von G. Wiedemann 1837. Krott fand 1883, dass sich Nickel in entgegengesetztem Sinne tordiert wie Eisen. Das gleiche konstatierten später der Verfasser und M. Honda, jedoch mit einer Ergänzung. Der Sinn der Torsion für Eisen und Nickel ist entgegengesetzt, solange die Longitudinalmagnetisierung schwach ist, bei wachsender Feldstärke geht der Effekt für beide Metalle durch ein Maximum, dessen Wert steigt mit der Zirkularmagnetisierung. Dann vermindert sich allmählich die Torsion und ändert ihren Sinn. (Dieser Umkehrpunkt wurde allerdings beim Nickel nicht erreicht.) Auch hier lassen sich wieder Hysteresis-Erscheinungen nachweisen, die entsprechende Kurve ähnelt einigermassen derjenigen für die Intensität der Magnetisierung, nur hat sie drei Erhebungen, wo jene bloss eine hat.

Die Theorie der angeführten Erscheinungen wurde zuerst von Maxwell in Angriff genommen, Helmholtz brachte einige allgemeine Gleichungen und Kirchhoff 1884 verdankt man die allgemeinsten Entwicklungen. Seine Gleichungen enthalten Ausdrücke, die sowohl die Verlängerungen als auch die Dichteänderungen enthalten. Cantone hat die entsprechenden Formeln auf ein Ovoid ausgedehnt und fand so

$$\frac{\delta l}{l} = \left[\frac{4\pi k^2}{4}\,\frac{1+\Theta}{1+2\Theta} + \frac{k-k'}{2(1+2\Theta)} - \frac{k''}{2}\right]\frac{H^2}{E}$$

$$\frac{\delta v}{v} = \left[\pi k^2 + 2\,\frac{(k-k')}{4} - \frac{k''}{4}\right]\frac{H^2}{K\,(1+3\Theta)}.$$

Darin ist E der Modul von Young, K der Festigkeitsmodul und die Konstante Θ definiert durch

$$\frac{E}{2}\,\frac{1+2\Theta}{1+3\Theta} = K.$$

An der Ausarbeitung der Theorie beteiligten sich Lorberg, J. J. Thomson, Hertz, Heaviside und Pockels. Die Theorien versagen aber alle für das Innere des magnetischen Körpers und der Verfasser meint daher, dass die Suche nach einer befriedigenden Theorie noch verfrüht sei, solange die Natur des Phänomens nicht genügend bekannt ist. Er empfiehlt zunächst die reziproken Beziehungen zwischen den mechanischen Einflüssen auf den Magnetismus und den Deformationen, die durch Magnetisierung entstehen, genau zu untersuchen. Er zeigt dann, dass man aus der Kirchhoffschen Theorie für die Änderung der Suszeptibilität (δk) eines gleichförmig magnetisierten Eisendrahtes bei Verlängerung um λ die Formel erhält

$$\delta k = \left[k'\,\frac{E}{K} - 3\left(k' + \frac{1}{3}\,k''\right)\right]\lambda$$

und für die Änderung der Magnetisierung infolge Änderung des Volumens (σ) durch hydrostatischen Druck

$$\delta I = -H\left(k' + \frac{1}{3}\,k''\right)\sigma.$$

Weiteres erhält man

$$\lambda = \frac{\delta l}{l} = \frac{I^2}{E}\left(2\pi + \frac{k-k'}{4k^2} - \frac{k''}{4k^2}\right)$$

$$\sigma = \frac{\delta v}{v} = \frac{I^2}{E}\left(\pi + \frac{3\,(k-k')}{4k^2} - \frac{k''}{4k^2}\right).$$

Daraus ist die Beziehung zwischen k' und k'' zu gewinnen.

Eine andere Methode um k'' zu bestimmen ergiebt die Torsion. Der Mittelwert der zirkularen Magnetisierung, erzeugt durch Torsion eines logitudinalmagnetisierten Drahtes von Radius R, ist $-\frac{1}{3}\omega k'' HR$, worin ω den Torsionswinkel bezeichnet, und der Mittelwert der longitudinalen Magnetisierung, wenn durch einen Strom von der Intensität C zirkular magnetisiert wird, $-\frac{1}{3}\omega k''\ C.$

Da sich der Verfasser gerade von den Wechselbeziehungen zwischen mechanischen Kräften und Magnetisierung in Zukunft, etwa unter Anwendung thermodynamischer Betrachtungen, die Entwicklung einer exakten Theorie verspricht, sind die bereits erwähnten Versuchsergebnisse in einer übersichtlichen Parallelstellung in der Abhandlung p. 16 und 17 nochmals zusammengefasst.

Noch muss erwähnt werden, dass ein ganz geringer Fehler in der Bestimmung der Koeffizienten k' und k'' genügt, um den Sinn der Erscheinung umzukehren. So erhielt der Verfasser an einem spindelförmigen Nickelstück Volumenverminderung, während ein Ovoid desselben Materiales Volumvermehrung ergab.

Im obigen stellte der Verfasser sich auf den Standpunkt Kirchhoffs. Helmholtz hat als Hypothese eingeführt, dass zwischen magnetisiertem Körper und Luft sich Übergangschichten befinden, so dass k' und k'' sich nicht plötzlich ändern. Dies erfordert jedenfalls sorgfältiges Studium der mechanischen Vorgänge in der begrenzenden Luftschicht. Wiedemann dachte sich die Molekule in Rotationsbewegung begriffen.

Mit der Änderung der Temperatur, welche die Deformationen begleitet, hat man sich wenig befasst. Nimmt man an, dass die Deformation ausschliesslich mechanischer Natur sei, so ist die Temperaturänderung durch Magnetisierung von $H=0$ bis $H=1000$ für Eisen 0.00025°,

für verschiedene Stahlsorten 0.00050^0 bis 0.00080^0, für Nickel 0.00013^0. Es ist von Interesse, hervorzuheben, dass diese Temperaturschwankungen von gleicher Grössenordnung sind, wie die Erwärmung durch Hysteresis.

Am Schlusse der Abhandlung befindet sich noch eine tabellarische Zusammenstellung der Werte von l, $\frac{\delta l}{l}$, $\frac{\delta v}{v}$, k' und k'' in absoluten Einheiten für Eisen, Stahl und Nickel nach den Untersuchungen, die der Verfasser gemeinsam mit Herrn Hinda ausgeführt hat.

St. Meyer (Wien).

(Eingegangen 6. August 1900.)

E. Mathias. Die Methoden zur Bestimmung der kritischen Konstanten und die Resultate, welche dieselben geliefert haben. 17 Seiten.

Der vorliegende Bericht zerfällt in vier Hauptabschnitte, nämlich: 1. Homogene Körper, 2. Mischungen, 3. Resultate und 4. Schlussfolgerungen. Bei weitem am ausführlichsten sind die Methoden zur Bestimmung der kritischen Konstanten besprochen, ihre etwaigen Fehler behandelt und ihre theoretischen Grundlagen wenigstens in den Hauptzügen dargestellt. Ein Anhang enthält ausserdem noch eine mathematische und kritische Besprechung der optischen Methode zur Bestimmung der kritischen Temperatur und der kritischen Dichte und des Phänomens von Cagniard-Latour.

Zunächst werden die kritischen Konstanten definiert. Trägt man in ein Koordinatennetz mit p als Ordinate und v als Abszisse eine Reihe von Isothermen eines absolut homogenen Körpers ein, so erhält man oberhalb der kritischen Temperatur eine Reihe von Kurven, welche die Abnahme des Volums mit steigendem Druck zeigen. Bei der kritischen Temperatur läuft die Kurve eine kleine Strecke parallel der Abszissenachse. Unterhalb der kritischen Temperatur zeigen die Kurven, solange der Körper gasförmig ist, die starke Abnahme des Volums mit steigendem Druck; sobald der Körper sich kondensiert, bleibt der Druck konstant, während das Volum abnimmt, darauf fällt die Kurve wieder für den flüssigen Aggregatzustand. Der kritische Punkt kann definiert werden als der Wendepunkt der einen Isotherme, wo die Tangente der Abszissenachse parallel läuft oder als die Spitze der Sättigungskurve. Aus diesen beiden Definitionen ergeben sich zur Bestimmung der kritischen Konstanten eines homogenen Körpers zwei wesentlich verschiedene Methoden. Bei der ersten werden hauptsächlich die Eigenschaften im gasförmigen Zustande untersucht, während im zweiten Falle ausschliesslich der Zustand des gesättigten Dampfes berücksichtigt wird. Die Methode, welche diesem zweiten Falle angehört, ist besonders von S. Young und Amagat benutzt worden. Bei den hierhingehörigen Versuchen genügt es die Dichten der Flüssigkeit und des gesättigten Dampfes und ferner den Druck des gesättigten Dampfes zu bestimmen. Bei konstanter Temperatur werden in einer graduierten und kalibrierten Röhre die Volumina des Dampfes und der Flüssigkeit beobachtet. Da man die Gesamtmenge der eingeführten Substanz kennt, so hat man unmittelbar bei der Beobachtungstemperatur eine erste Beziehung zwischen den beiden Dichten. Die zweite erhält man, indem man ein bekanntes Volum der Flüssigkeit verdampft und das Volum des daraus entstehenden gesättigten Dampfes bestimmt. Man erhält so unmittelbar das Verhältnis der beiden Dichten und infolgedessen zwei Beziehungen zwischen den beiden Dichten, aus denen man die letzteren genau berechnen kann.

Hat man so die Beziehung zwischen den beiden Dichten bei verschiedenen Temperaturen und die kritische Temperatur ermittelt, so lassen sich die beiden anderen kritischen Grössen leicht ableiten. Die kritische Temperatur erhält man entweder durch direkte Beobachtung oder auf graphischem Wege.

Die zweite Methode kann man als die Andrewssche bezeichnen. Eine grosse Reihe von Isothermen werden in ein Koordinatennetz eingetragen und aus der Gesamtheit der Messungen die Zustandsgleichung $f(p, v, T) = 0$ abgeleitet. Nach der Methode von Sarrau oder durch Auflösung der drei simultanen Gleichungen.

$$f(p, v, T) = 0; \quad \frac{dp}{dv} = 0; \quad \frac{d^2 p}{dv^2} = 0$$

ergeben sich die kritischen Konstanten. Diese Methode ist weniger direkt als die erste, sie erfordert ausserdem die Aufstellung der Zustandsgleichung, was mit beträchtlichen Schwierigkeiten verbunden ist. Beide Methoden verlangen, dass die Körper, mit denen man experimentiert, alsolut rein sind; die geringsten Verunreinigungen veranlassen sehr grosse Fehler.

Die Methoden, welche zwei kritische Konstanten eines homogenen Körpers geben, lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Bei der ersten, welche zu gleicher Zeit die kritische Temperatur und den kritischen Druck zu bestimmen erlaubt, bedient man sich metallischer, undurchsichtiger Gefässe; sie ist besonders für solche Stoffe geeignet, welche das Glas angreifen. Bei der anderen Gruppe wird die Substanz in einem

graduierten, zugeschmolzenen Glasgefässe beobachtet; hier erhält man unmittelbar die kritische Temperatur und Dichte.

Zur ersten Gruppe gehören die Methoden von Cailletet und Colardeau, ferner die von Wroblewski und Olszewski. Die Methode der beiden französischen Physiker besteht darin, verschiedene Mengen einer Flüssigkeit in eine Stahlröhre einzuschliessen und für jedes Flüssigkeitsverhältniss bei verschiedenen Temperaturen die Dampfdrucke bei konstantem Volum zu ermitteln. Trägt man die erhaltenen Resultate in ein Koordinatennetz mit der Temperatur als Abszisse und dem Drucke als Ordinate ein, so erhält man folgendes Bild. Solange Flüssigkeit und Dampf in der Versuchsröhre enthalten ist, ist der Dampfdruck unabhängig von der Flüssigkeitsmenge. Wir wollen einmal annehmen, es sei zu wenig Flüssigkeit in der Röhre enthalten. Bei einer bestimmten Temperatur wird dieselbe verdampfen, und es wird jetzt bei konstantem Volum der Druck nur langsam mit der Temperatur steigen. Ist umgekehrt zu viel Flüssigkeit in der Röhre enthalten, so wird schliesslich nur Flüssigkeit in der Röhre enthalten sein, und es wird, um dieses Volum konstant zu halten, der Druck bei Steigerung der Temperatur sehr stark vergrössert werden müssen. Dies drückt sich sehr scharf in den Kurven aus. Aus dem Verschwinden dieser Unregelmässigkeiten lässt sich die kritische Temperatur und Druck ermitteln.

Die zweite hierhingehörige Methode ist von Olszewski und Wroblewski bei ihren bekannten Untersuchungen über die kritischen Konstanten der verflüssigten Gase angewandt worden. Da dieselbe zu ihrer Zeit in allen Tageszeitschriften geschildert und die Beschreibung in die meisten ausführlichen Lehrbücher der Physik übergegangen ist, so braucht sie hier nicht berücksichtigt zu werden.

Bei der zweiten Gruppe wird die zu untersuchende Flüssigkeit in ein Glasrohr eingeschmolzen und aus dem Verschwinden des Meniskus die kritische Temperatur und Dichte ermittelt. Die Methode beruht auf dem folgenden Satze: Der Meniskus einer Mischung von Flüssigkeit und Dampf verschwindet genau bei der kritischen Temperatur, wenn die mittlere Dichte des Gemenges gleich ist der kritischen Dichte der Substanz. Es ist ohne weiteres klar, dass, wenn diese Bedingung erfüllt ist, die Flüssigkeit gerade die Hälfte der Röhre ausfüllen muss; der Experimentator hat hierauf sein besonderes Augenmerk zu richten. Die Methode giebt leicht die kritische Dichte und die kritische Temperatur, sie beruht aber auf einer Hypothese, die nach den Untersuchungen von S. Young am Pentan nur angenähert richtig ist.

Von den Methoden, welche eine einzige kritische Konstante geben, sind in der Abhandlung vier besprochen. Die erste beruht auf der Thatsache, dass bei der kritischen Temperatur die Dichte der Flüssigkeit und des Dampfes gleich ist. Sie ist von Nadejdine zur Bestimmung der kritischen Temperatur des Wassers und Broms benutzt worden. Eine Röhre aus innen platiniertem oder versilbertem Stahl wird wie der Wagebalken auf eine Schneide gelegt. Solange Flüssigkeit in der Röhre ist, wird das eine Ende der Röhre nach der einen Seite hinabsinken. Sobald sie sich wagerecht einstellt, ist die kritische Temperatur erreicht. Die zweite Methode beruht auf der Thatsache, dass, sobald die kritische Temperatur erreicht ist, der Unterschied des Brechungsexponenten zwischen Flüssigkeit und Dampf verschwinden muss. In den Händen von Chappuis und Galitzine hat sie sehr zuverlässige Daten gegeben. Eine dritte Methode gründet sich auf die kapillare Steigung. Eine Röhre von sehr kleinem Durchmesser wird in eine grössere Röhre gebracht. Man erhitzt bis der Meniskus verschwindet, dann ist die kapillare Steigung Null. Schliesslich lässt sich noch die kritische Temperatur angenähert aus der kritischen Temperatur von Mischungen berechnen, nach der Formel von Strauss-Pawlewski:

$$T = \frac{\alpha\tau + \beta\tau'}{\alpha + \beta},$$

wo T die kritische Temperatur der Mischung, τ und τ' die der beiden Substanzen, α und β die Mengen der beiden Substanzen bedeuten, Die Regel ist aber nur angenähert richtig und versagt vollständig, wenn die eine Substanz nur in geringer Menge vorhanden ist, wie eingehende Versuche, besonders von Kuenen, dargethan haben.

Zahllos sind die empirischen Regeln, welche angegeben worden sind, um die kritischen Konstanten aus anderen Eigenschaften zu berechnen. So soll z. B. nach Guldberg, Guye und Pawlewski eine Beziehung zwischen absolutem Siedepunkt bei Atmosphärendruck und der absoluten kritischen Temperatur bestehen — nach Pawlewski soll diese Differenz konstant sein, ferner sind Regeln angegeben, um den kritischen Druck und die kritische Dichte zu berechnen. Alle sind rein empirisch, teils sind sie ungenau, oder höchstens beschränken sie sich auf ähnlich gebaute z. B. homologe Körper, sodass sie hier übergangen werden können.

Der zweite Abschnitt bezieht sich auf Gemenge zweier Körper. Die Verhältnisse, welche besonders von Kuenen untersucht worden sind, sind äusserst verwickelt und je nach der Natur der Mischung beider Körper verschieden.

Die Resultate der verschiedenen Beobachter über kritische Konstanten weichen vielfach stark

von einander ab. Zum geringsten Teil rührt dies von der Methode her, in viel höherem Masse von der Unreinheit der benutzten Substanzen bezw. von der leichten Zersetzbarkeit vieler organischer Präparate. So schwanken z. B. die Angaben über die kritischen Temperaturen der folgenden Körper zwischen den Grenzen:

Chlor	$+ 141{,}00^0$ C.	bis	$148{,}0^0$
Schwefelkohlenstoff	$+ 273{,}05^0$ C.	„	$279{,}6^0$
Diäthylamin	$+ 216{,}00^0$ C.	„	$222{,}9^0$
Methan	$- 73{,}05^0$ C.	„	$- 99{,}5^0$
Trimethylaethylen	$+ 201{,}00^0$ C.	„	$+ 208{,}0^0$
Benzol	$+ 280{,}06^0$ C.	„	$+ 296{,}4^0$
Siliciumtetrachlorid	$+ 221{,}00^0$ C.	„	$+ 230{,}0^0$
Chloroform	$+ 258{,}08^0$ C.	„	$+ 288{,}0^0$

Noch viel grösser sind die Schwankungen in den Angaben über kritische Drucke.

Chlor	83,09 Atm.	bis	93,5 Atm.
Schwefelkohlenstoff	72,09 „	„	78,4 „
Chlorwasserstoff	83,00 „	„	96,0 „
Äthylen	51,00 „	„	58,0 „
Benzol	47,09 „	„	60,5 „
Kohlenstofftetrachlorid	44,97 „	„	58,1 „
Methylchlorid	64,98 „	„	73,0 „

Hieraus und aus direkten Messungen geht hervor, dass Spuren von Verunreinigungen die kritischen Konstanten ausserordentlich stark beeinflussen.

Zieht man aus allen bisher ausgeführten Untersuchungen einen Schluss, so ergiebt sich, dass sich, wenn es gilt, alle drei kritischen Grössen zu bestimmen, die Methode von Young und Amagat, welche auf den Überlegungen über die gesättigten Dämpfe beruht, empfiehlt. Durch Fortsetzung der Untersuchungen nach der Methode von Andrews würde man allerdings wohl eher zu einer befriedigenden Zustandsgleichung gelangen.

Sucht man nur die kritische Temperatur und den kritischen Druck, so dürfte die Methode von Cailletet und Colardeau die beste sein. Für die Ermittelung der kritischen Temperatur allein dürfte sich die Methode von Chappuis, welche auf der Änderung des Brechungsexponenten beruht, am meisten empfehlen. Jedenfalls muss das ganze Gebiet nach allen Richtungen hin noch gründlich experimentell und theoretisch durchforscht werden, um die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen aufzuklären.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 2. August 1900.)

Th. Schwedoff, Die Starrheit der Flüssigkeiten.

Durch die Arbeiten von Tresca und Spring ist sicher gestellt, dass die festen Körper sich unter gewissen Bedingungen wie Flüssigkeiten verhalten.

Der erste Versuch, zu zeigen, dass die Flüssigkeiten trotz der Beweglichkeit ihrer Teilchen eine charakteristische Eigenschaft der festen Körper, nämlich die Steifheit besitzen, rührt von Maxwell her, der zeigte, dass, wie Glas unter Druck die polarisierende Eigenschaft des Kalkspaths erhält, so auch eine Flüssigkeitsschicht durch geeignete Deformation die Fähigkeit erlangt, einen durch einen Nikol ausgelöschten Lichtstrahl zum Vorschein zu bringen.

Die Annahme, dass das Polarisationsvermögen von der Viskosität des Stoffes abhängen sollte, eine Eigenschaft, die festen wie flüssigen Substanzen gemeinsam sei, bestätigte sich nicht, als sich zeigte, dass Kanadabalsam, Gelatinelösung, Rizinusöl und Olivenöl diese Fähigkeit im höchsten Maasse besitzen, während Glyzerin, Zuckersyrup, Lösung von Gummi arabicum auch bei grösster Deformation wirkungslos bleiben, obwohl letztere eine 400 mal grössere Viskosität besitzen. Da das Polarisationsvermögen von der Elastizität der in der Flüssigkeit eingeschlossenen Ätherteilchen abhängt, so wendet der Verfasser, um eine Flüssigkeit auf ihre Viskosität zu prüfen, die Torsionswage an. Ein mit Schrot beschwerter Glascylinder hängt inmitten eines ebensolchen Gefässes an einem Stahldraht. Der Raum zwischen beiden Gefässen ist mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt. Dreht man den Draht an seinem oberen Ende um den Winkel δ, so erteilt der Cylinder der Flüssigkeit eine Drehung ω.

Bei einer Flüssigkeit ohne Viskosität dreht sich infolge der Reibung der Cylinder immer langsamer, bis ω gleich δ wird, während im anderen Fall bald der Cylinder zur Ruhe kommt, da sich ein Gleichgewichtszustand herstellt zwischen der Torsionskraft des Drahtes und der Viskosität der Flüssigkeit. Die Winkel ω und δ wurden durch Lichtstrahlen gemessen, die 2 Spiegel reflektierten; der eine befand sich am Cylinder befestigt, der andere am oberen Ende des Stahldrahtes. Die Versuche wurden bei 18^0 mit einer Lösung vorgenommen, die 5 g Gelatine in 1 Liter enthielten. Die Theorie der Untersuchungsmethode führt uns zu folgender Gleichung

$$E = a \frac{\delta}{\omega}$$

worin E der Modul der Steifheit und a ein Faktor ist, der von den Dimensionen des Apparates abhängt. Der Verfasser gelangt zu folgenden Resultaten:

1. „E ist gleich 0,535 Dynen pro cm^2 d. h. die Steifheit der Flüssigkeit ist 1 Trillion 840 Billionen mal schwächer als bei Stahl.

2. Die Elastizität der Flüssigkeit ist eine vollkommene, wenn die Deformation eine gewisse Grenze λ nicht überschreitet und nur einen Augenblick dauert.

3. Wenn die wirkliche Deformation eine Zeit lang diese Grenze λ überschreitet, bleibt eine Deformation ϱ zurück, indem die Flüssigkeit nicht mehr in ihre alte Lage zurückkehrt.

4. Die Gegenkraft F der Flüssigkeit ist nicht ε proportional, sondern der Differenz $\varepsilon - \varrho$, die wir mit α bezeichnen wollen. Man hat also

$$\text{(I)} \qquad \alpha = \varepsilon - \varrho; \quad F = E\alpha = E(\varepsilon - \varrho).$$

5. Bei konstantem ε wächst ϱ mit der Zeit

$$\text{(II)} \qquad \frac{d\varrho}{dt} = \beta(\alpha - \lambda)$$

β ist der Proportionalitätsfaktor, der angiebt, mit welcher Geschwindigkeit ϱ zunimmt, wenn die Differenz $\alpha - \lambda$ gleich der Einheit ist.

6. Da ϱ mit der Zeit zunimmt, muss F abnehmen nach Gleichung (I). Die Gegenkraft wird schwächer.

Es zeigt sich also, dass bei den äussersten Grenzen der Kohäsion dieselben Erscheinungen auftreten, die die Deformation fester Körper begleiten.

Durch mathematische Behandlung der erzielten Resultate erhält man folgende Gleichung

$$\text{(III)} \qquad \varrho = (\varepsilon - \lambda)(1 - e^{-\beta t}),$$

worin t die Dauer der wirklichen Deformation bedeutet. Die Formeln (I), (III) zeigen, dass die Gegenkraft der Deformation asymptotisch dem Grenzwert $F = \varepsilon\lambda$ zustrebt, d. h. dem Wert an der Grenze vollkommener Elastizität. Wir bezeichnen diesen Grenzwert mit b. Wir können jetzt auch eine andere Frage in Angriff nehmen, mit der sich schon Maxwell beschäftigt hat, nämlich nach der Beziehung zwischen innerer Reibung einer Flüssigkeit und ihrer Steifheit.

Ein Flüssigkeitswürfel erleide während der Zeit dt eine wirkliche Deformation $d\varepsilon$ mit der Geschwindigkeit v, die wir konstant setzen. Während der gleichen Zeit bilde sich eine Deformation $d\varrho$, die bestehen bleibt. Die Gegenkraft der Flüssigkeit dF, ist proportional der Differenz $d\varepsilon - d\varrho$ oder gleich $d\alpha$ der Gleichung (I)

$$\text{(IV)} \qquad dF = Ed\alpha = F(d\varepsilon - \delta\varrho).$$

Da $dt = \frac{\delta\varepsilon}{v}$ ist und unter Berücksichtigung von Gleichung (I), (II), (III) erhält man durch Integration von (IV)

$$\varepsilon = -\frac{v}{\beta}\log\left(E + f\frac{\beta}{v} - F\frac{v}{\beta}\right) + \text{const.}$$

Die Integrationskonstante ist durch die Bedingung bestimmt, dass

für $\varepsilon = 0$ man $F = 0$ erhält.

Also ergiebt sich

$$\text{(V)} \qquad F = \frac{v}{\beta}\left(E - \frac{\beta}{v}f\right)\left(1 - e^{-\frac{\beta}{v}\varepsilon}\right).$$

Unter der Annahme, dass die Deformation der Flüssigkeit andauert, wie dies bei der inneren Reibung verwirklicht ist, strebt ε dem Unendlichen zu und man erhält

$$F = \frac{v}{\beta}\left(\varepsilon + \frac{\beta}{v}f\right)$$

oder

$$\text{(VI)} \qquad \frac{F}{v} = \frac{\varepsilon}{\beta} + \frac{f}{v}.$$

Da $\frac{F}{v}$ $(= \eta)$ nichts anderes ist als der innere Reibungskoeffizient, so führt uns die Gleichung

$$\eta = \frac{\varepsilon}{\beta} + \frac{f}{v}$$

zu dem unerwarteten Resultate, dass die Viskosität einer Flüssigkeit abhängen kann von der Schnelligkeit der Deformation.

Um diese Folgerung zu prüfen, misst der Verfasser den inneren Reibungskoeffizienten von Glyzerin und Gelatine. Es zeigt sich, dass η bei Glyzerin, dessen f so gut wie Null ist, sich mit der Geschwindigkeit v nicht ändert, während die Viskosität von Gelatine, dessen f nicht unbedeutend ist, auf den sechsfachen Betrag steigen kann, wenn die Geschwindigkeit v auf ein Zehntel des früheren Betrages herabsinkt. Ein Glaswürfel, den man der Scherung unterwirft, erlangt die Eigenschaft der Doppelbrechung, und zwar bilden die beiden Strahlen einen rechten Winkel und sind um 45^0 gegen die Scherungsachse geneigt. Diese Thatsache stimmt mit der Elastizitätstheorie der festen Körper überein.

Die Untersuchungen von Kundt haben jedoch bewiesen, dass bei einigen Flüssigkeiten der Winkel weit von 45^0 entfernt ist. Verfasser zeigt, dass die Elastizitätstheorie nur feste Körper berücksichtigt, die vollkommen elastisch sind und deren bleibende Deformation gleich Null ist, während sie doch bei Flüssigkeiten eine beträchtliche Grösse erreichen kann. Zieht man diesen Umstand in Betracht, so gelangt man zu dem Resultate, dass der Winkel ψ, den die Achse der maximalen Torsion mit der Normalen auf der Scherungsebene bildet, bestimmt ist durch die Gleichung

$$\text{(VII)} \qquad \text{tang}\, 2\psi = -\frac{2}{\alpha},$$

d. h. ψ kann nur 45^0 betragen, wenn $\alpha = 0$ ist, ein Fall der bei festen Körpern angenähert zutrifft.

Unter Berücksichtigung von (I) und (VI) findet man

$$\eta \nu = F = E \alpha = \frac{-2E}{\text{tang } 2\psi}$$

oder

$$E = -\frac{1}{2} \eta \nu \text{ tang } 2\psi.$$

Da die Grössen η, ν, ψ der direkten Messung zugänglich sind, so giebt die letzte Gleichung ein Mittel an die Hand, die Steifheit von Flüssigkeiten zu bestimmen.

Da z. B. Kundt gefunden hat, dass für Kollodium $\psi = 65^0$ und $\eta = 0{,}36^0$ ist und man die Geschwindigkeit auf 2500 schätzen kann, so beträgt

$$E = 542 \text{ Dynen pro } cm^2,$$

d. h. Kollodium ist 200 Millonen mal weniger steif als Stahl. S. Oppenheimer.

(Eingegangen 15. August 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Des Coudres.

Der Telephonograph.[1])

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Ausser dem in Heft 43 dieser Zeitschrift beschriebenen Drahttelephonographen, der auf der Pariser Weltausstellung im Betrieb vorgeführt wird, bedient man sich, insbesondere zur Aufzeichnung längerer Gespräche, des Bandtelephonographen. Als Gesprächsträger dient bei demselben ein etwa 3 mm breites und 0,05 mm dickes kontinuierliches Stahlband, welches nach erfolgter Quermagnetisierung (Fig. 1) wie der

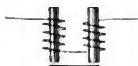


Fig. 1.

Papierstreifen eines Morseapparates aufgewickelt wird. Fig. 2 stellt den von der Firma Mix & Genest gebauten Versuchsbandtelephonographen dar, an dem die Grundlagen für zweckmässige Gebrauchsformen gewonnen werden sollen.

Im folgenden möge zunächst kurz auf die Verwendung des Draht- resp. Bandtelegraphons als eigentlicher Telephonograph, d. h. als Ferngesprächsschreiber eingegangen werden.

Fig. 3 giebt ein schematisches Bild von der Verbindung eines Telegraphons mit einer gewöhnlichen Telephonstation.

Die Anwendung des Drahttelephonographen hat den Zweck, bei Abwesenheit des Telephonabonnenten dem Anrufenden eine kurze Mitteilung zugehen zu lassen, etwa: „Ich bin nicht

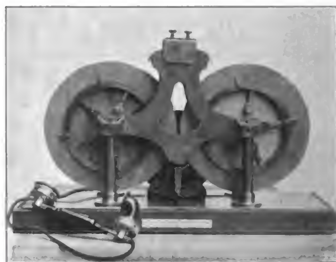


Fig. 2.

zu Hause, kehre um 5 Uhr zurück, bitte klingeln Sie später nochmals an.“ Der Bandtelephonograph gestattet aber auch die automatische Niederschrift des ganzen Telephongesprächs in Abwesenheit des Angerufenen.

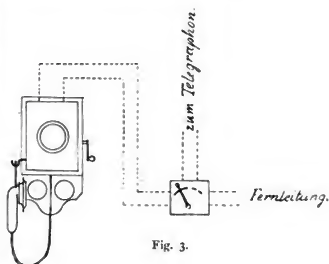


Fig. 3.

1) Vergl. Heft 38 und 43 dieser Zeitschrift.

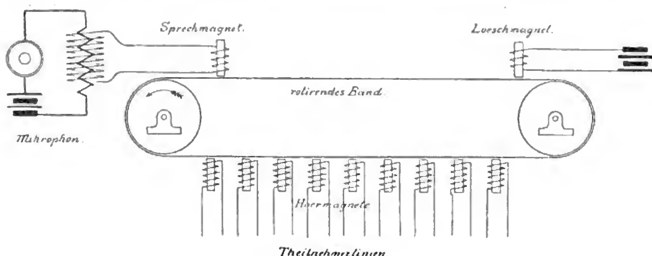


Fig. 4.

Ferner sei noch auf einige interessante Anwendungen des telegraphonischen Prinzips hingewiesen.

Da das dem Stahlbande magnetisch aufgeprägte Gespräch beliebig oft abgehört werden kann, ohne dass eine wesentliche Schwächung der Lautstärke zu konstatieren ist, so kann man ein und dasselbe Gespräch von einem Stahlband in eine beliebig grosse Anzahl von Telephonleitungen übertragen.

Die Anordnung ist in diesem Fall derart, dass ein endloses Stahlband auf den Umfang einer rasch rotierenden Trommel gespannt ist, oder über zwei Rollen läuft (Fig. 4). Das mittelst eines Sprechmagneten beschriebene Stahlband transportiert das magnetisch fixierte Gespräch weiter und giebt es nacheinander an eine den angeschlossenen Abonnenten dieser Telephonzeitung entsprechende Anzahl von Abhörmagneten wieder ab. Nachdem das Band den Hörmagneten des letzten Abonnenten passiert hat, werden mittels eines von einem schwachen Gleichstrom durchflossenen Löschmagneten, die den Schalloscillationen entsprechenden magnetischen Berge und Thäler wieder nivelliert, sodass das Band von neuem beschrieben werden kann. Eine dauernde Aufbewahrung der Magnetschrift findet hier also nicht statt. Dieser telegraphonische Multiplikator dient dazu, telephonische Mitteilungen oder theatrophonische Übertragungen massenhaft zu verbreiten.

Neuerdings sind auch mit Erfolg rotierende Scheiben mit einem seitlichen ringförmigen Stahl- resp. Nickelbelag zur Erreichung desselben Resultates zur Anwendung gelangt.

Sorgt man dafür, dass die von dem Stahlbande an die einzelnen Teilnehmerhörmagnete zeitlich aufeinanderfolgend abgegebenen Stromimpulse in gleichzeitige umgesetzt werden und leitet alle einzelnen Abonnentenleitungen einem einzigen Telephon zu, so wird durch Superposition der Wirkungen die Lautwirkung bedeutend erhöht. Von den zwei Methoden, die abgegebenen Impulse in gleichzeitige zu verwandeln, sei hier die folgende etwas eingehender besprochen. Der Apparat besteht aus n parallelen Stahldrähten, die z. B. über den Umfang einer rotierenden Trommel gespannt sind (Fig. 5).
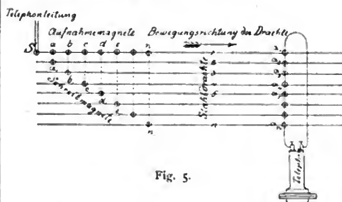


Fig. 5.

S ist ein Sprechmagnet, welcher von dem in der sekundären Wicklung des Mikrophontransformators erzeugten Induktionsströmen umflossen wird; die Elektromagneten a, a_1, b, b_1 . . . . n, n_1 sind paarweise hintereinander geschaltet; die Abnehmemagneten α_1 . . . . . α_n sind mit einem Telephon in Serie geschaltet.

Die von dem Elektromagneten S dem Drahte 1 aufgeprägte Magnetschrift passiert bei Rotation der Trommel nacheinander die Abhörmagnete a, b, c, . . . n. Die in den Windungen erzeugten Induktionsströme umfliessen die entsprechenden Schreibmagnete a_1, b_1, c_1 . . . . . n_1 und beschreiben die Stahldrähte 2, 3 . . . . n. Alle einem auf dem Drahte 1 befindlichen magnetischen Eindruck entsprechenden Eindrücke auf den Drähten 2, 3, ... n passieren gleichzeitig die Elektromagnete α_1, α_2, α_3 . . . . . α_n. Die in jedem einzelnen dieser Elektromagnete erzeugten elektromotorischen Kräfte addieren sich

und verstärken den im eingeschalteten Telephon erzeugten Ton. Dieses Verfahren der Lautverstärkung giebt in einfacher Weise die Lösung eines der wichtigsten und bisher vergeblich gesuchten Problems, nämlich die Konstruktion eines Telephonrelais.

Eine andere nicht minder wichtige Anwendung des telegraphonischen Prinzips entspringt aus der Möglichkeit, gleichzeitig mehrere Telephongespräche auf einer Fernleitung zu übertragen — die Möglichkeit der Multiplex-Telephonie.

Das Prinzip der von einem Mitarbeiter Poulsens, dem dänischen Ingenieur P. O. Pedersen angegebenen Anordnung ist bereits in Heft 38 dieser Zeitschrift behandelt worden. Dort wurde im besonderen auf die Duplextelephonie des Näheren eingegangen; natürlich ist das Verfahren auch für den Fall der Vielfachtelephonie ausdehnbar, nur werden dann die an der Aufgabe- und Empfangsstation notwendigen Magnetkombinationen etwas komplizierter.

Auf die Duplex- und Mehrfachtelephonie soll demnächst ganz ausführlich eingegangen werden.

Wie man ersieht, ist die Anwendung des telegraphonischen Prinzips auf telephonischem Gebiete von einschneidender Bedeutung; die Poulsensche Erfindung eröffnet ein neues und ausgedehntes Feld.

Berlin, 17. August 1900.

(Eingegangen 18. August 1900.)

BESPRECHUNGEN.

J. Panaotović, Chemisches Hilfsbuch. Dümmler, Berlin 1900. Preis M. 2.—.

Das kleine Büchlein enthält in acht Tabellen für den Chemiker wichtige Zahlen, deren Auswahl anscheinend für den praktischen Zuckerchemiker getroffen ist. Für wissenschaftlichen Bedarf kann sich diese Zusammenstellung in keiner Weise mit den bekannten F. W. Küsterschen Logarithmischen Rechentafeln messen, die soeben in 2. Auflage erschienen sind.

R. A.

R. Ed. Liesegang, Photographische Physik (mit Ausnahme der Optik). Liesegang, Düsseldorf 1899. Preis M. 2.—.

Das kleine Büchlein bietet nicht ein Lehrbuch, dazu ist es zu wenig umfangreich, sondern im wesentlichen eine abgerundete Zusammenstellung von Forschungen, Beobachtungen und Ansichten des Verfassers über die mannigfachsten Kleinigkeiten, die dem wissenschaftlich denkenden Photographen aufstossen und die den Verfasser zu seinen Versuchen angeregt haben. Wer selbst nicht die inneren Gründe solcher kleinen Auffälligkeiten gesucht hat, wird erstaunt über die schöne theoretische Beute solcher „Niederjagd" sein. Es ist unmöglich, in einem Referat näher auf den mannigfachen Inhalt des Buches einzugehen, nur sei erwähnt, was den wesentlichen Gegenstand der Hauptabschnitte bildet: Dicke der photographischen Schicht, Diffusionsvorgänge in derselben, Verteilung des Silbers in ihr; Farbe und Körnigkeit des Silberniederschlags in verschiedenen Emulsionen; Haltbarkeit der Bilder und Physik des Tonungsprozesses; die physikalischen Unterschiede der verschiedenen Bindemittel, wie Gelatine, Collodium, Albumin; Besonderheiten der Gelatine; nascierendes Silber; Physik der Chromatverfahren. Fast überall ergiebt sich eine einheitliche Auffassung der Vorgänge, welche dieselben ungezwungen darstellt, und welche meist auch für die photographische Praxis unmittelbar nützliche Ergebnisse liefert. Deshalb ist das anspruchslose Büchlein dem Theoretiker und Praktiker gleich warm zu empfehlen.

R. A.

Personalien.

In San Francisco starb am 13. August, 43 Jahre alt, Professor James E. Keeler, der Direktor des Lick-Observatoriums.

In der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig hat sich Herr Dr. M. Bodenstein, bisher Privatdozent an der Universität Heidelberg, für physikalische Chemie habilitiert.

Der Direktor der Fachschule für Holzindustrie in Villach, Dozent E. Pliwa wurde interimistisch mit dem Lehramt für mechanische Technologie und des forstlichen Bau- und Maschinen-Ingenieurwesens an der Wiener Hochschule für Bodenkultur betraut.

Der Abteilungsvorsteher am chemischen Institut der Universität Breslau, Privatdozent Prof. Dr. Abegg, ist zum a. o. Professor ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 49. 8. September 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Vorlesungsversuche über Wellenbewegungen.[1])

Von Will. C. Baker.

Ein rechteckiger Trog, ca. $72 \times 55 \times 7$ cm, mit weiss angestrichenem ebenen Boden, ist etwa 1 cm hoch mit Wasser angefullt, das mit Tinte leicht angefärbt ist. Bei ruhender Flüssigkeit muss der Boden deutlich zu sehen sein. Wenn ein Becherglas (von etwa 8 cm Durchmesser) in diesen Trog gesetzt wird, so wird sich eine kreisförmige Welle bilden, die mit einer Geschwindigkeit von 20 $\frac{cm}{sec}$ nach dem Rande hin fortschreitet und dort reflektiert wird.

Wegen der Höhenunterschiede zwischen Wellenberg und Thal sieht man diese Welle sich in dem gefärbten Wasser als ein dunkleres Band auf einem helleren Untergrunde fortbewegen.

Bei der langsamen Bewegung ist das Entstehen der reflektierten Welle leicht zu verfolgen.

Am besten erzeugt man bloss eine einzige Welle oder höchstens einen Zug von zweien oder dreien, um Interferenzen zu vermeiden.

Gradlinige Wellen sind mit einem Holzstück (etwa 50×7 cm) hervorzubringen, um deren Reflexion zu zeigen.

Wenn man die eine Hälfte eines cylinderförmigen Ringes an das eine Ende des Troges bringt, so kann man damit alle Erscheinungen der Reflexion an einem Kreise demonstrieren; wie vom Brennpunkte ausgehende kreisförmige Wellen zur geradlinigen Welle werden, oder wie die geradlinige Welle nach der Reflexion zum Hauptbrennpunkte zusammenläuft, oder wie kreisförmige Wellen nach der Reflexion zum konjugierten Brennpunkte zusammenlaufen.

Brechungserscheinungen können dargestellt werden, indem man eine bis auf 1 mm an die Oberfläche heranreichende ebene Glasplatte in dem Troge versenkt.

Die Wellen ziehen viel langsamer über diesen Teil als über den tieferen, und man kann so Brechung gerader und kreisförmiger Wellen an geraden Begrenzungsflächen mit allen Begleiterscheinungen erkennen.

Wenn man ein nahezu kreisförmiges oder ein dreieckiges Glasstück anwendet, so kann man die Verzögerung einer Welle in Linsen und Prismen leicht zeigen.

Huyghens Prinzip ist so darzustellen: Man bringt quer über den Trog eine Scheidewand mit einem Spalt nahe ihrer Mitte an. Wenn eine Welle auf der einen Seite derselben erzeugt wird, so wird sie überall reflektiert, ausser an dem Spalte, wo man sie sich jenseits als kreisförmige Welle mit dem Spalte als Centrum in dem stillen Wasser weiter bewegen sieht.

Die Methode eignet sich auch zur einfachen Darstellung der Beugungserscheinungen. Um gute Resultate zu erzielen, muss der Boden des Troges eben, von heller Farbe und parallel zur Wasseroberfläche sein.

Wenn man nur ausgeprägte Wasserwellen und nicht die dieselben begleitenden Kräuselungen erhalten will, so ist jeder einfache Experimentiertisch für die Aufstellung hinreichend fest.

Cavendish Laboratorium, Cambridge U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Fritsch.)

(Eingegangen 31. Juli 1900.)

1) Ausführlich in Physic. Review, 10, 175, 1900).

Bestimmung des Spaltwertes für spektralphotometrische Messungen.[1]

Von E. V. Capps.

Der Hauptvorteil, den ein verstellbarer Spalt für spektralphotometrische Messungen bietet, liegt in der Raschheit, mit welcher beobachtet werden kann; allein es ist sowohl experimentell als auch theoretisch aus der Energieverteilung im Spektrum erwiesen, dass die dem Auge sich darbietende Lichtintensität der Spaltbreite nicht genau proportional ist. Der Verfasser sucht daher Aichkurven für verschiedene Spaltbreiten und Lichtsorten aufzustellen, um sie später zu Untersuchungen über Lichtabsorption in wässerigen Lösungen zu verwenden.

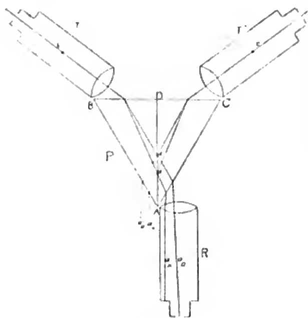


Fig. 1.

Die Versuchsanordnung war die nämliche, welche Prof. D. B. Brace im ersten Hefte des Astrophysical Journal, XI. Jahrgang, 1900, beschrieben hat:[2] durch 2 Kollimatorrohre T u. T' (Fig. 1) fallt von 2 Lichtquellen her Licht auf ein Prisma ABC, welches aus 2 rechtwinkligen Prismen ADB u. ADC zusammengesetzt ist; auf einem derselben, ADC ist (Fig. 2) in der Mitte der Fläche AD ein horizontaler Silberstreifen S niedergeschlagen, dessen Breite (5 mm) = $^1/_3$ der Höhe des Prismas ist, und beide Halbprismen werden mit Zwischenlage einer Flüssigkeit von gleichem Brechungsquotienten (Kanadabalsam oder α-Monobromnaphthalin) aneinandergefügt.

Fällt nun Licht (Fig. 1) in der Richtung b aus T auf das Prisma, so wird es beim Durchgange durch das Prisma spektral zerlegt, und man sieht im Beobachtungsfernrohr R die Fläche AD mit Ausnahme des Teiles, welcher vom Silberstreifen bedeckt ist, erleuchtet, indem die den Silberstreifen treffenden Strahlen nach a'_d a'_k reflektiert werden. Licht, welches von T' in das Prisma eintritt, kann ungehindert

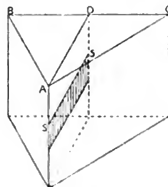


Fig. 2

durch das Prisma hindurch gehen mit Ausnahme jener Strahlen, welche gerade auf den Silberstreifen treffen; sodass dieses von T' aus in das Fernrohr R einfallende Licht den vorher dunkel gebliebenen Streifen erhellt. Durch Drehung von T' und R lässt sich leicht er-

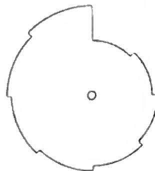


Fig. 3.

reichen, dass die gleichen Farben der beiden Spektra übereinander zu liegen kommen und durch Verstellen des Spaltes in T oder T' lässt sich im Fernrohr auch gleiche Helligkeit erreichen. Wichtig ist dabei die Thatsache, dass die Silberschicht alle Farben total reflektiert. Für gewöhnlich wird aus den Spaltbreiten auf die Lichtintensität geschlossen; für den vorliegenden Fall sollte aber erst bestimmt werden, wie die Helligkeit mit der Spaltbreite sich ändert.

Es wird zu diesem Zweck vor das eine Kollimatorrohr T' eine Sektorenscheibe gestellt, welche nach Fig. 3 gezahnt ist. Mit ihrer Hülfe konnte in Abstufungen von $^1/_8$ das im Ganzen ohne Sektor durchgelassene Licht bis auf den

1) Ausführlich in The Astrophysical Journal 11, 25, 1900.
2) Die hier folgende genauere Beschreibung des Apparates ist vom Übersetzer eingefügt.

8 ten Teil herabgesetzt werden und durch Regulierung des anderen Spaltes ermittelt werden, für welche Spaltbreite sich die mittelst rotierender Sektorscheibe abgestufte Helligkeit ergab. Um die Sektorenscheibe, während sie in Bewegung war, verschieben zu können, war sie auf einer Gleitschiene montiert und durch einen Spiralfederring mit einem kleinen Elektromotor angetrieben.

Die grösste Schwierigkeit lag in der Beschaffung einer konstanten, kräftigen und gleichmässig hellen Lichtquelle; als zweckentsprechendste diente schliesslich eine Glühlampe mit ebenem oder spiralförmig gewundenem Faden (Kreisdurchmesser 12 mm), welche mit Akkumulatoren gespeist und mehrere Centimeter hinter einer vor den Spalt gebrachten Mattscheibe aufgestellt wurde.

Die Ablesungen wurden in der Weise vorgenommen, dass erst zehn Einstellungen bei ruhender Scheibe gemacht wurden, dann je zehn für jeden Zahn, während die Scheibe rotierte und schliesslich weitere zehn bei ruhender Scheibe. Das Mittel aus den ersten und letzten zehn Ablesungen wurde als Spaltbreite mit 100 prozentiger Durchlässigkeit angenommen; die Abschwächung für die einzelnen Zähne wurde berechnet, und das Verhältnis für die Lichtstärke bei dieser Einstellung zu jener bei 100 prozentiger Durchlässigkeit gebildet; es liess sich dabei eine Genauigkeit von 0.7 Prozent erreichen. Durch Interpolation liess sich ermitteln, welche Helligkeit einer bestimmten Spaltbreite entsprach.

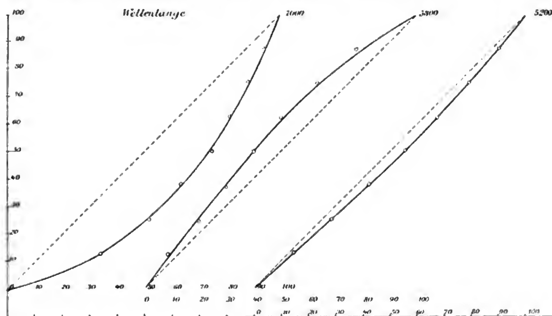


Fig. 4.

In der folgenden Tabelle sind die Aichwerte für rotes Licht von 0.7000 μ Wellenlänge und für Spaltbreiten von 0.5 bis 2 mm angegeben. Für andere Wellenlängen wurden ähnliche Tabellen aufgestellt und dabei im Allgemeinen die gleichen Unterschiede gefunden, mit geringen Abweichungen im Einzelnen.

Den Einfluss der Wellenlänge und der Dispersion des Prismas lässt die folgende Fig. 4 erkennen.

Das **Gesamtresultat** lässt sich so zusammenfassen:

Wellenlänge 0.7000 μ. Flintglasprisma.

Spaltbreite 0.5 mm								
Proz. mittelst rotier. Scheibe	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100
„ „ Spaltes . . .	13.8	27.1	39.3	53.5	64.4	77.9	89.3	100
Spaltbreite 1 mm								
Proz. mittelst rotier. Scheibe	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100
„ „ Spaltes . . .	14.9	28.8	42.5	55.3	68.6	78.1	90.4	100
Spaltbreite 1.5 mm								
Proz. mittelst rotier. Scheibe	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100
„ „ Spaltes . . .	16.8	31.9	45.4	58.4	69.9	81.1	90.4	100
Spaltbreite 2 mm								
Proz. mittelst rotier. Scheibe	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100
„ „ Spaltes . . .	19.2	36.2	50.8	63.5	74.7	82.7	90.5	100

1. Das Gesetz der direkten Proportionalität zwischen Spaltbreite und durchgelassener Lichtstärke gilt nur für zwei Farben des Spektrums, welche ungefähr die Wellenlängen 620 $\mu\mu$ und 570 $\mu\mu$ haben.

2. Die Abweichung wächst nach dem roten und violetten Teil zu in der angeführten Weise und ist für gelb am kleinsten und von entgegengesetztem Vorzeichen.

3. Die Abweichung wächst mit der Spaltbreite.

4. Sie nimmt ab, wenn die Brechbarkeit zunimmt.

5. Sie ist die nämliche für verschiedene Lichtquellen, solange sich dieselben um nicht mehr als 50 Prozent in der Lichtstärke unterscheiden.

6. Die Aichkurven sind genügend genau, um die Spaltmethode für photometrische Messungen verwendbar zu machen.

7. Verwendet man ein Flintglasprisma und einen Spalt von 0,1 mm Breite, so sinkt die Abweichung unter die Fehlergrenze der Beobachtung.

Schliesslich soll daran erinnert werden, dass eine vollständig einwandfreie Lichtquelle noch nicht gefunden ist.

Physikalisches Laboratorium der Universität Nebraska, Dezember 1899.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 16. August 1900.)

Einfluss von Temperatur, Druck, Lösung und Anodengrösse auf die mit Silbervoltametern erhaltenen Niederschläge.

Von J. F. Merrill.[1])

Zwei ähnlich gestaltete Voltameter, von denen das eine sich dauernd in normalen Verhältnissen befand, während an dem zweiten Veränderungen vorgenommen wurden, wurden hintereinander in denselben Stromkreis eingeschaltet und die in ihnen erzielten Silberniederschläge mit einander verglichen. Als Elektrolyt diente in der Regel eine 15prozentige Lösung von $AgNO_3$.

Um den Einfluss des Druckes zu untersuchen, wurde das eine Voltameter unter eine Stahlhaube gesetzt und durch Einpressen von Luft ein Druck von 100 Atmosphären hergestellt. Es wurde dann 32 Minuten lang der Strom geschlossen und in dieser Zeit in jedem der Voltameter ungefähr 1,1 g Silber ausgeschieden. Eine sorgfältige Vergleichung der Niederschläge liess nur Unterschiede von 0,00015 g und weniger erkennen, Unterschiede, die innerhalb der Fehlergrenze der Versuche lagen.

Zur Ermittelung des Temperatureinflusses wurde der Elektrolyt in Bechergläser gebracht und die Anoden auf dem Boden, die Kathoden in Form von flachen Spiralen ziemlich weit oben in dem Elektrolyten eingesetzt. In der einen Zelle wurde die Lösung erst gekocht und dann auf die Schmelztemperatur des Eises gebracht, während die in der zweiten konstant auf 90° Cels. gehalten wurde. Die beiden, so erlangten Niederschläge waren so gut wie gleich. Wurde indessen der Niederschlag aus einer heissen Lösung mit jenem aus einer kalten, aber vorher nicht gekochten verglichen, so ergab sich ersterer stets als grösser wie der letztere, und zwar schwankten die Unterschiede von 0,00 bis 0,08 Prozent, wahrscheinlich infolge der Austreibung von Sauerstoff und Kohlendioxyd. Der aus dem kalten Elektrolyten gewonnene Niederschlag zeigte stets ein feineres Korn und war weisser als der in der heissen Zelle ausgeschiedene.

Der Niederschlag aus einer gekochten und dann abgekühlten wässerigen Lösung wurde ferner verglichen mit dem aus geschmolzenem Silbernitrat bei konstant gehaltener Temperatur von 250° C. gewonnenen. Der Mittelwert von sieben unmittelbar nach einander hergestellten, je ungefähr 0,8 g, wiegenden Niederschlägen war für den geschmolzenen Elektrolyten grösser als für die wässerige Lösung und zwar um 0,00033 g. Es ist die Differenz grossenteils, wenn nicht ausschliesslich, darauf zurückzuführen, dass beim Abwaschen der Kathode von dem geschmolzenen Silbernitrat Verunreinigungen zurückblieben.

Kahles Beobachtung, dass bereits früher verwendete Lösungen grössere Niederschläge geben als frische Lösungen, bestätigte sich. Ein vier Monate alter Elektrolyt, dessen Volumen 300 ccm betrug und aus dem bereits 125 g Silber niedergeschlagen waren, lieferte einen um $^1/_{1700}$ grösseren Niederschlag als eine frische Lösung. Diese alte Lösung war nicht sauer, wahrscheinlich, weil sie oft in Glasgefässen gekocht worden war. Als später eine andere Lösung, welche nicht gekocht worden war, mehrmals gebraucht wurde, zeigte sie saure Reaktion.

Niederschläge, zu deren Herstellung scheibenförmige Anoden von 1 bis 6 cm Durchmesser in Anwendung kamen, erwiesen sich innerhalb der Fehlergrenzen als gleich gross.

University of Utah, Salt Lake City U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 6. August 1900.)

1) Ausführlich in Physic. Review 10, 167, 1900.

Das Amperemanometer.[1])

Von G. Bredig und O. Hahn.

Das Knallgasvoltameter ist als Amperemeter wohl hauptsächlich deshalb so unbequem, weil zu jeder Ablesung eine Zeitmessung und eine Gasvolummessung gehört. Man will ja die Geschwindigkeit, mit der sich das Knallgas entwickelt, messen. Nun giebt es aber ein leichtes Mittel, das neuerdings auch von Ostwald bei seinen bekannten Chromversuchen angewandt worden ist, die Entwicklungsgeschwindigkeit eines Gases durch eine Druckablesung zu messen. Zu diesem Zwecke braucht man das Voltametergefäss nur zu verschliessen und das Gas nur an einer Stelle durch eine Kapillare entweichen zu lassen. Der an einem Manometer messbare Überdruck im Apparate wird dann bei gegebener Länge und gegebener Weite der Kapillaren mit der Entwicklungsgeschwindigkeit des Gases steigen, und zwar wird er nach der Poiseuilleschen Formel bei geringen Überdrucken dieser Entwicklungsgeschwindigkeit annähernd proportional sein.

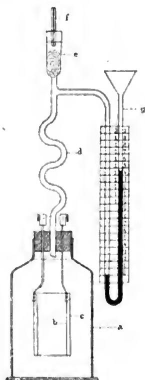
Da die Entwicklungsgeschwindigkeit des Knallgases in dem Voltameter auch der Stromstärke proportional ist, so wird hier ein geringer, durch eine Kapillare erzeugter Überdruck gegen die Atmosphäre sehr annähernd proportional der Stromstärke sein. Wir können also so die Ampere in Drucken messen.

Nach diesem Prinzip haben wir unser Amperemanometer konstruiert, das nur als einfaches, billiges Schaltinstrument für manche Laboratorienzwecke, nicht als präzises Messinstrument gedacht ist, wie ich gleich vorausschicken will.

Der einfache Apparat hat folgende Form:

Die Zersetzungszelle besteht aus einem Glasgefäss *a*, welches nahezu vollständig mit Natronlauge (2 %) gefüllt wird. In dieselbe tauchen die beiden konzentrischen cylindrischen Nickelelektroden *b* und *c*, die voneinander durch ein paar eingeschobene Glasstäbe isoliert sind. Nickeldrähte bewirken durch den gasdichten Stopfen der Flasche hindurch die Zuführung des Stromes.

Das elektrolytisch entwickelte Knallgas entweicht durch das Glasrohr *d* und tritt in die Erweiterung *e*, in welcher es durch Watte filtriert und so von mitgerissenem Flüssigkeitsstaub gereinigt wird.[2]) Die Watte ist öfter zu erneuern. Alsdann entweicht das Gas durch die Kapillare *f*, deren Länge bei passender Weite sich sehr leicht so abgleichen lässt, dass das mit *d* kommunizierende Wassermanometer *g* bei 1 Amp. Strom, zum Beispiel auf der verschiebbaren Skala, gerade den Überdruck von 1 cm Wassersäule anzeigt. Will man den Messbereich und damit die Empfindlichkeit ändern, so braucht man nur eine anders abgeglichene Kapillare *f* in *e* an Stelle der ersteren einzustöpseln, so dass jetzt z. B. bei 1 Amp. Strom ein Überdruck von 10 cm Wassersäule entsteht. Das Instrument ist also durch einfache Auswechselung der Kapillare zehnmal empfindlicher geworden.



Die Abgleichung passender Röhren ist eine sehr einfache Arbeit, wenn man dieselben zuerst beim Aichen etwas zu lang nimmt und dem Drucküberschuss proportionale Verkürzungen derselben vornimmt. Die Röhren lassen sich leicht mit Wasser, Alkohol und Aether reinigen, falls sie einmal innerlich betauen, was selten vorkommt und leicht bemerkt wird.

Ein solches Ampèremanometer gab z. B. folgende Ablesungen:

	Amp.	Wasserdruck in cm
Mit Kapillare Nr. 2:		
am 1. Tage . .	10,0	9,7
	9,9	9,9
am 2. Tage . .	9,5	9,2
	7,7	7,5
	4,7	4,6
am 3. Tage . .	7,0	7,0
Mit Kapillare Nr. 4:		
	1,44	14,3
	1,14	11,5
	0,40	3,9
	0,19	1,9

Nach Versuchen von Herrn Hahn gilt für

1) Vergl. Hauptversammlung der D. elektrochem. Gesellschaft in Zürich 1900. (Ztschr. f. Elektrochem.).

2) Hier könnten die Gase auch ausserdem noch durch einen kleinen mit Trockenmitteln gefüllten Einsatz ev. getrocknet werden.

feuchtes Knallgas bei Zimmertemperatur annähernd die Formel:

$$P = \frac{8{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot l \cdot i}{r^4},$$

worin P den Überdruck in Centimetern Wassersäule, i die Stromstärke in Ampere, l die Länge der Kapillare in Centimetern, r den Radius der Kapillare in Millimetern bedeuten.

Da die innere Reibung der Gase bekanntlich mit der Temperatur zunimmt, so haben wir auch den Einfluss der Temperatur untersucht. Der Temperaturkoeffizient beträgt ungefähr $+0{,}56\%$. Die üblichen Schwankungen der Zimmertemperatur dürften also kaum grössere Fehler als 5% hervorbringen, Fehler, welche unser Apparat ohnehin in den Einstellungen zeigt.

Das Instrument, dessen Empfindlichkeit nicht über 1 cm Wasserdruck pro 0,1 Amp. gesteigert wurde, hat sich bei analytischen und synthetischen Elektrolysen, bei denen eine Genauigkeit der Strommessung bis auf 5% genügt, gut bewährt. Die gewöhnlichen Schaltinstrumente mit Spule und Magnet sind meist nicht viel genauer und jedenfalls viel teurer und leichter zu beschädigen, als unser Apparat, der wohl auch pädagogischen Wert besitzt.

Unser Amperemanometer verbraucht freilich 1,6 bis 2 Volt Spannung, indessen müssen ohnehin in den Laboratorien solche Spannungsüberschüsse in den Regulierwiderständen oft absichtlich vernützt werden [1]).

1) Die Firma Franz Hugershoff in Leipzig, Karolinenstrasse, liefert abgeglichene Kapillaren für verschiedene Stromstärken und auch den kompletten Apparat.

(Eingegangen 29. August 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Experimentelle Untersuchungen über Teile, welche kleiner als Atome sind.[1])

Von P. Zeeman.[2])

Die Frage, ob der Stoff, woraus die uns umgebende Welt besteht, bis in die Unendlichkeit teilbar ist, oder ob letzte Teilchen, „Atome" bestehen, hat schon einen wesentlichen Teil der Wissenschaft des fünften Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung ausgemacht, und sie thut es ebensosehr in dem jetzigen neunzehnten. Nach der atomistischen Schule soll man bei fortgesetzter weiterer Teilung eines Wassertropfens schliesslich zu Teilen gelangen, an denen dieser Vorgang nicht weiter fortgesetzt werden kann.

Dies ist die atomistische Lehre von Demokritus, Epicurus und Lucretius, und wir können hinzufügen, in der Hauptsache, auch die von Clausius, Maxwell und van der Waals. Aber während der alte Begriff des Atoms nicht viel mehr als Ströme von Dialektik zu Tage gefördert hat, ist der neue eins der wichtigsten Hilfsmittel zur Vermehrung unserer Kenntnisse über die Natur geworden.

Wir nennen Atome die sehr kleinen, selbständigen Bausteine, aus denen die materielle Welt aufgebaut ist. Verschiedene Gebiete der Physik geben übereinstimmende Schätzungen für die Grösse der Atome. Wir kennen das Verhältnis der Gewichte der Atome zu einander sehr genau und wissen, dass ihre Dimensionen zwischen einem Millionstel und einem Zehnmillionstel Millimeter liegen. Wir wissen weiter, dass die Atome nur soweit „unteilbar" heissen dürfen, als wir sie augenblicklich nicht weiter zu zerlegen vermögen. Die komplizierten Spektra selbst der einfachsten Gase drängen uns jedoch mit Notwendigkeit zu der Annahme, dass der Bau der Atome sehr verwickelt sein muss und also noch Teile darin unterschieden werden müssen. Untersuchungen der allerletzten Zeit indess haben das selbständige Bestehen von Teilchen, die kleiner als Atome sind, ausser Zweifel gestellt und lassen selbst die Möglichkeit erkennen, dass der Traum der Alchemisten in Betreff einer Verwandlung der Elemente Wahrheit enthält. Es sei mir gestattet hier die experimentellen Gründe auseinanderzusetzen, welche zu Gunsten der Annahme von Teilchen sprechen, die kleiner als Atome sind.

Allgemein wird gegenwärtig von den Physikern angenommen, dass die Leitung der Elektrizität durch einen flüssigen Stoff und besonders durch die Lösungen von Salzen und Säuren, welche man auch Elektrolyte nennt, auf eine besondere Weise geschieht. Keiner dieser

1) Vielleicht ist die Bemerkung nicht überflüssig, dass die vorliegende Rede für ein grösseres Publikum bestimmt war. Es sind deswegen keine Citate aufgenommen und es mussten gewisse Teile des Gegenstandes der Zeitersparnis wegen unberücksichtigt bleiben. So fehlen Hinweise auf die wichtigen Untersuchungen von Richarz, Schuster, Simon, Townsend, E. Wiedemann, W. Wien u. a. und sind die schönen Theorien von Larmor, Voigt, Wiechert garnicht genannt worden. Ebensowenig die Namen der verschiedenen Forscher, die das Gebiet der Strahlung im Magnetfelde bearbeitet haben. (Anm. des Verf.)

2) Antrittsvorlesung, gehalten am 12. März 1900 in Amsterdam.

Elektrolyte kann den Strom leiten, ohne zersetzt zu werden. Die Elektrizität strömt nicht durch die Atome, sondern mit den Atomen des Stoffs, die sich fortbewegen. Jedes Metallatom besitzt eine bestimmte elektrische Ladung, welche unabhängig von der Metallverbindung ist, welche man gerade untersucht. Wenn nun ein und derselbe elektrische Strom nacheinander durch eine Lösung z. B. eines Kupfer- und eines Silbersalzes hindurchgeht, dann haben die Kupfer- und Silberatome dabei gleiche Ladungen. Da jedoch die Kupfer- und Silberatome nicht gleich schwer sind, so ist die Ladung für das gleiche Gewicht der beiden Stoffe nicht gleich. Die Ladung pro Gewichtseinheit, oder wie man sich besser ausdrückt, pro Masseneinheit, ist für den Stoff mit dem grösseren Atomgewichte natürlich kleiner. Nicht allein für die Metalle, sondern für alle Stoffe kann man die Ladung pro Masseneinheit angeben, und für Wasserstoff findet man dann eine Ladung von zehntausend bestimmten (elektromagnetischen) Einheiten pro Gramm. Die Atome aller anderen Elemente haben eine grössere Masse als die des Wasserstoffes, und unsere Verhältniszahl wird dadurch kleiner. Würde einmal ein Stoff entdeckt, dessen Verhältniszahl die des Wasserstoffs überträfe, dann könnte man sicher sein, dass die Masse seiner Atome kleiner als die des Wasserstoffs sein würde.

Die Ladung der Atome in einem Elektrolyten ist teils positiv, teils negativ, und hierdurch erklärt sich, dass unter dem Einfluss des Stromes, die positiv geladenen Atome des Metalles mit dem Strome gehen, und die negativ geladenen Atome den entgegengesetzten Weg einschlagen.

Hierdurch erklärt sich, dass an der Stelle, wo der Strom aus der Flüssigkeit austritt, an der negativen Elektrode das Metall und an der positiven Elektrode der andere Bestandteil des Elektrolyten abgeschieden werden kann. Diese Erscheinungen der Elektrochemie und andere der Thermoelektrizität klären uns über den Unterschied zwischen positiver und negativer Elektrizität auf, aber nirgends tritt dies verschiedene Verhalten deutlicher auf, als bei den schönen Erscheinungen der elektrischen Funken-, Glimm- und Buschelentladung, die von den Spitzen einer gewöhnlichen Elektrisiermaschine ausgehen und in dem leergepumpten Behälter einer Luftpumpe, in dem sogenannten elektrischen Ei, sich zeigen.

Faraday, der grösste Forscher und Experimentator dieses Jahrhunderts untersuchte schon genau die besonderen Eigentümlichkeiten in dem Verhalten der Funken-, Glimm- und Büschelentladung, und in der dreizehnten Reihe seiner Experimental Researches sagt er: „Die Resultate, welche sich auf das verschiedene Verhalten der positiven und negativen Entladung beziehen, werden einen viel grösseren Einfluss auf die Theorie der Elektrizität ausüben, als wir augenblicklich wohl annehmen." Erst neuerdings wurden durch das einmütige Zusammenwirken der Forscher aller Länder auf dem Gebiete der Entladungserscheinungen für die Theorie Früchte geerntet, die Faradays Prophezeiung glänzend bestätigten.

Was sind denn diese wichtigen Entladungserscheinungen?

Man denke sich ein gläsernes Rohr, welches mit der Luftpumpe verbunden ist, so dass die Luft teilweise oder ganz entfernt werden kann und welches mit in die Glaswand eingeschmolzenen Metalldrähten versehen ist; das eine Ende der letzteren ragt nach innen, das andere nach aussen. Diese Drähte, die Elektroden, dienen dazu, um die Elektrizität nach dem Innern des Rohrs zu führen; zu dem Zwecke werden sie mit einer gewöhnlichen Elektrisiermaschine oder mit einem Induktionsapparat, oder auch wohl mit einer Batterie von Elementen verbunden. Die Entladungserscheinungen, die sich zeigen, hängen einerseits von der Weite des Rohres, von den Abständen der Elektroden und von der Dichte der elektrischen Ladung ab. Andererseits bleibt sich jedoch der Charakter der Erscheinung in allen Röhren gleich und hängt nur von der Dichte der Luft und von der Natur des Gases in dem Entladungsrohre ab.

Wenn der Luftdruck in dem Rohre der gewöhnliche Atmosphärendruck ist, dann ist die Form der Entladung die bekannte zickzackförmige Funkenlinie, die an den Blitz erinnert und die in Luft weiss und in Wasserstoff rot gefärbt ist. Wird die Luft in dem Rohre verdünnt, dann tritt der Funken nicht mehr auf, sondern die Leuchterscheinung wird breiter und breiter und zwar um so mehr, je verdünnter die Luft ist. Sehr deutlich erkennt man jetzt, dass die Lichterscheinungen an beiden Elektroden verschieden sind. In der Nähe der Elektrode, die mit dem positiven Pole des Induktoriums verbunden ist, sieht man regelmässige Maxima und Minima der Helligkeit.

An der anderen Elektrode, die mit dem negativen Pole in Verbindung steht, an der Kathode, nimmt man den zweiten Teil der Entladung, das negative oder Kathodenlicht wahr. Es ist durch einen lichtschwachen oder auch wohl dunklen Raum von dem positiven Lichte getrennt.

Das Kathodenlicht bildet meist ein kleines Lichtfleckchen an der Kathode. Verdünnt man weiter, so wird der Fleck grösser und bedeckt bald die Kathode in Form eines leuchtenden Häutchens. Je geringer der Druck wird, um so mehr nimmt die Dicke des Lichthäutchens zu, und bei einem Luftdruck von einem Milli-

meter Quecksilber kann das Kathodenlicht, welches bläulich aussieht, Röhren von mehreren Decimetern Länge ausfüllen. Das Licht des positiven Pols wird bei gesteigerter Verdünnung immer weniger intensiv und durch eine passende Lage der positiven Elektrode kann bewirkt werden, dass der Physiker in der Hauptsache nur das Kathodenlicht zu sehen bekommt.

Die eigenartigsten Erscheinungen spielen sich in demselben ab. Wenn das bläuliche Kathodenlicht sich bis an die Glaswand erstreckt und der Druck nur noch Bruchteile eines Millimeters beträgt, dann tritt eine eigentümliche Erscheinung auf. Die Glaswand selbst nämlich beginnt, Licht auszustrahlen, sie phosphoresziert. Bei Thüringer Glas ist die Farbe dieses Phosphoreszenzlichtes grünlich. Bei noch weiter gesteigerter Verdünnung nimmt die Intensität des Phosphoreszenzlichtes zu und die des bläulichen, den Raum erfüllenden Lichtes, ab, um schliesslich beinahe zu verschwinden, ein Umstand, der für das weitere Studium des Phosphoreszenzlichtes ausserordentlich günstig ist.

Der uneingeweihte Beobachter übersieht diese kaum sichtbaren Erscheinungen nur zu leicht; einzelnen Auserwählten dagegen zeigen sie den Weg, um tiefer in die Geheimnisse der Natur einzudringen. Eingehende Untersuchungen über dies grüne Phosphoreszenzlicht haben zu der Entdeckung der Kathodenstrahlen, den späteren Eltern der Röntgenstrahlen, geführt.

Der erste Physiker, welcher die grüne Phosphoreszenz beschrieb, war Plücker im Jahre 1859. Er lebte in Bonn und hatte dadurch die Gelegenheit sich der Hilfe des berühmten Glasbläsers Geissler zu bedienen, der dort seine Werkstätte hatte und die nach ihm benannten Entladungsröhren und Luftpumpen anfertigte. Plückers Schüler, Hittorf, vermehrte unsere Kenntnisse über dies Gebiet in ausserordentlicher Weise, er schloss aus seinen Versuchen, dass das Kathodenlicht von einer punktförmigen Elektrode sich in geraden Linien ausbreitet. Goldstein zeigte weiter 1876, dass auch mit scheibenförmigen Kathoden gut begrenzte Schatten von Gegenständen, die sich zwischen der Kathode und der Wand des Entladungsrohres befinden, erhalten werden können und dass selbst dann, wenn die Gegenstände klein sind und sich dicht bei der Kathode befinden, diese Schatten noch gut begrenzt bleiben. Es sieht so aus, als ob die Kathode ein lichtgebender Gegenstand ist, und es wird deswegen jeder mit dem Namen „Kathodenstrahlen", den Goldstein eingeführt hat, einverstanden sein. Indes müssen diese Strahlen doch wohl noch etwas anderes als Lichtstrahlen sein, denn, wenn die Kathode durch eine leuchtende Scheibe von derselben Grösse, wie die Kathode ersetzt wird, würde ein kleiner in die Nähe gestellter Gegenstand auf eine weiter abgelegene Wand keineswegs einen Schatten werfen. Die einfache Beobachtung von Goldstein ist also ausserordentlich wichtig; sie beweist, dass die Kathodenstrahlen in einer bestimmten, beinahe senkrechten Richtung von der Kathode ausgehen.

Einige Jahre nach Goldstein überraschte Crookes die Welt, und zwar nicht nur die wissenschaftliche, mit einer Reihe von schönen Versuchen über Kathodenstrahlen, oder wie er sie nannte „strahlende Materie". Er kam auf diesen Gegenstand durch die Schwierigkeiten, die er bei seinen Bestimmungen über das Atomgewicht des Thalliums erfuhr, wobei Störungen eintraten, sobald er seine Waage in den luftleeren Raum brachte; er fand die scheinbare Abstossung und Anziehung durch die Wärme je nach der Dichte der Luft. Bei der Fortsetzung seiner Untersuchungen erfand er sein Radiometer, das Lichtmühlchen, welches man in den Schaufenstern von Mechanikern häufig sieht; er untersuchte es zuerst ohne und dann mit Elektrisierung. Thatkräftig durch Maxwell und Stokes unterstützt, brachte er seine Resultate in Verbindung mit der kinetischen Gastheorie und kam dann mitten in das Gebiet des äussersten Vakua und der Kathodenstrahlen und zu einer Hypothese, die mit verfeinertem Inhalt auch jetzt noch, nachdem neue Thatsachen aufgefunden worden sind, alle Erscheinungen erklärt.

Was sind denn die Kathodenstrahlen? Bis vor Kurzem waren namentlich viele deutsche Physiker der Meinung, dass sie Erscheinungen im Äther seien. Andere verteidigten dagegen die Ansicht, die zuerst von Crookes ausgesprochen wurde, dass sie die Bahnen negativ geladener Teilchen seien, die von der Kathode mit grosser Geschwindigkeit unter dem Einfluss elektrischer Abstossung fortgeschleudert würden. Mit dieser letzteren Hypothese, der Emissionstheorie, ist man wohl der Wahrheit am nächsten gekommen. Sie erklärt sofort die merkwürdige Erscheinung, dass in einem homogenen Magnetfeld die Bahn der Kathodenstrahlen gekrümmt ist, sodass Schatten undurchsichtiger Gegenstände beim Nähern eines Magnets sich örtlich verschieben. Thatsächlich erfahren negativ geladene, sich fortbewegende Teilchen in einem Magnetfelde eine Kraft, die senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung und zu der magnetischen Kraft steht und die gleich ist dem Produkt aus ihrer Geschwindigkeit und der Grösse der magnetischen Kraft (wenn diese senkrecht auf einander stehen). Hierdurch erklärt sich, dass die Bahn der Kathodenstrahlen ein Kreis ist, der selbst ganz innerhalb der Röhre liegen kann, wenn das Magnetfeld kräftig genug ist. Es wird jetzt auch wohl klar sein, dass die Bahn der Kathodenstrahlen in der Nähe von positiv

und negativ geladenen Körpern sich krümmen muss.

Aber wenn es fortfliegende Körperchen sind, muss man sie auch in einer dafür geeigneten Falle auffangen und ihre Ladung nachweisen können. Perrin bewies durch seine Versuche, dass dies möglich sei und dass also etwas mit einer negativen Ladung von der Kathode fortgeschossen wird. Auch andere Versuche von Goldstein, der mehrere Kathoden gleichzeitig benutzte, lassen sich im Lichte dieser Hypothese leicht verstehen. So auch die starke Erwärmung unter dem Einfluss des von einer hellen Kathode ausgehenden Bombardements, wenn in den Brennpunkt Glas oder Metall gebracht wird; und vielleicht einigermassen auch die glänzenden Farben, welche farblose Stoffe oder helle Krystalle aussenden, wenn sie durch einen Strom von Teilchen getroffen werden. Aber wenn auch die ungezwungene Erklärung dieser qualitativen Resultate für die Emissionstheorie sprechen, so befriedigen doch die Ergebnisse der quantitativen Forschung weit mehr. Vornehmlich waren es Versuche von J. J. Thomson in Cambridge und W. Kaufmann in Berlin, die unsere Kenntnisse der Kathodenstrahlen in dieser Richtung erweiterten. Durch eine logische Kombination von Messungen über die Ladung, welche die Kathodenstrahlen mit sich führen, über die beim Stosse der Teilchen erzeugte Wärme und über die Grösse der Krümmung der Bahn der Strahlen in einem homogenen magnetischen Felde gelang es, äusserst wichtige numerische Daten abzuleiten.

Auf diese Weise wurde ein Wert für die Geschwindigkeit erhalten, mit der die geladenen Teilchen, oder, um eine allgemein gebräuchliche Bezeichnung anzuwenden, die „Ionen" fortfliegen. Das Resultat war ganz unerwartet; denn, während wir von den Molekülen der gewöhnlichen Gase wissen, dass sie sich unter normalen Umständen mit einer Geschwindigkeit von höchstens 2000 m bewegen, ergab sich hier, dass die Ionen in den Kathodenstrahlen eine Geschwindigkeit besitzen, die grösser als ein Zehntel und kleiner als ein Drittel von der des Lichtes sein muss, und die also ungefähr 30000 mal die ebenerwähnte Geschwindigkeit der Moleküle übertrifft. Ferner wurde aus den Messungen die Ladung, welche die Ionen im Verhältnis zu ihrer Masse haben, bestimmt. Hierfür wurde gefunden, nicht wie beim Wasserstoff zehntausend (elektromagnetische Einheiten pro Gramm), sondern 10 Millionen. Diese Ergebnisse wurden noch bestätigt dadurch, dass nicht allein die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magneten, sondern auch die durch ein elektrostatisches Feld zu demselben Resultate führten. Äusserst wichtig war auch die Bestätigung, welche E. Wiechert in Göttingen beibrachte, der durch direkte Messungen dasselbe Resultat für die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen erhielt.

(Schluss folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

Ch. Ed. Guillaume, Über die Masseinheiten. 26 Seiten.

Der verdienstvolle Sekretär des Kongresses hat durch diesen Bericht die dankenswerte Aufgabe gelöst, eine scharfgesichtete Übersicht über den gegenwärtigen Stand des physikalischen Messwesens zu geben. Als Mitarbeiter bei den Untersuchungen des Pavillon de Breteuil ist er einer der Berufensten zu einer solchen Aufgabe, da er ebensosehr mit den theoretischen Definitionen der Masskongresse, wie mit den Schwierigkeiten der praktischen Realisierung der definierten Einheiten vertraut ist. Der Bericht ist daher auch weit mehr als eine gesichtete Übersicht; er ist reich an wertvollen Hinweisen und Verbesserungsvorschlägen, mancherlei Unschärfen in den Definitionen zu beseitigen, Schwierigkeiten der Reproduktion zu vermindern oder zweckmässige Benennungen einzuführen. Der zweite Teil des Berichtes ist solchen „Vorschlägen" vorbehalten, während der erste, als „Historisches", einen durch erläuternden und kritischen Text zusammengehaltenen Wortlaut der wichtigsten Massbeschlüsse zuständiger Kommissionen bringt.

I. Historisches.

Metrische Einheiten: Über die Definition der Längen- und Masseneinheit ist hier nicht nötig zu referieren. Dagegen ist vielleicht die zur Festlegung der Temperaturfunktion dieser beiden Grundmasse im Jahre 1887 definierte Temperaturskala manchem von Interesse: Die hundertteilige Skala des Wasserstoffthermometers, dessen feste Punkte die Temperatur schmelzenden reinen Eises (0°) und diejenige des Dampfes kochenden destillierten Wassers (100°) sind,

beide unter normalem Atmosphärendruck; der Wasserstoff ist unter einem anfänglichen Manometerdruck von 1 m, d. h. $\frac{1000}{760} = 1,3158$ des normalen Atmosphärendruckes zu wählen — Der normale Atmosphärendruck ist durch das Gewicht einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe definiert; Dichte des Quecksilbers 13,59593, bezogen auf die normale Schwereintensität. Die letztere ist diejenige im Pavillon de Breteuil dividiert durch 1,0003322, den Reduktionsfaktor auf die Breite von 45° und das Meeresniveau.

Die Definition des Liter ist: Das von 1 kg reinen Wassers bei seinem Dichtemaximum und unter normalem Drucke eingenommene Volumen.

Unsicher bleibt hier nur, ob luftfreies oder lufthaltiges Wasser zu verwenden sei, eine Unsicherheit, die jedoch 3 mm^3 aufs Liter nicht überschreitet.

Von den elektrischen Einheiten sei hier die schliessliche Definition des internationalen Ohm wiedergegeben: Der Widerstand einer Quecksilbersäule von überall gleichem Querschnitt und 14,4521 g Masse, das Quecksilber bei der Temperatur des schmelzenden Eises.

Ganz streng müsste hinzukommen „unter normalem Atmosphärendruck".

Photometrie: Die historische Entwicklung hat hier verhindert, den fast allgemein verwendeten Modus der Einheitsdefinitionen, nach den Dimensionsgleichungen auf Masse, Länge und Zeit bezogen, durchzuführen.

Die Lichteinheit ist vielmehr 1884 wie folgt festgelegt: Die Einheit einfachen Lichtes ist die Menge gleichartigen Lichtes, welche in normaler Richtung von einem cm^2 einer Platinoberfläche bei der Temperatur des Flüssigwerdens ausgestrahlt wird. (Viollesche Einheit).

Die Einheit weissen Lichtes ist die Gesamtmenge, die von derselben Lichtquelle ausgestrahlt wird.

1889 wurde vom Elektrikerkongress der 20. Teil dieser Einheit unter dem Namen Dezimalkerze als praktische Einheit eingeführt.

Der Genfer Kongress 1896 definierte dann als Einheit

der Lichtstärke J die „Dezimalkerze" = $^1/_{20}$ Viollescher Einheiten,

des Lichtstromes $\Phi = J\Omega$ (Ω Körperwinkel) das „Lumen",

der Belichtung $E = \frac{\Phi}{S}$ (Lichtststrom pro sec^2) das „Lux",

der Erhellung $e = \frac{J}{S}$ die „cm^2 Kerze",

der Lichtleistung $d = \Phi\, T$ (T Zeit) die „Lichtstunde".

II. Vorschläge.

Einheit des Druckes. Als solche wird, als für eine praktische Realisierbarkeit am günstigsten, der Druck von 10^6 Dynen pro cm^2 empfohlen. Die Höhe h der entsprechenden Quecksilbersäule ergiebt sich zu $h = \frac{10^6}{g\, mm_s}$, wo g die Schwerebeschleunigung, mm_s die Dichte des Quecksilbers ist. Ein normales g für 45° lässt sich heute nur angenähert angeben. Und ein Druck kann nur dann auf den normalen g-Wert zurückgeführt werden, wenn man die Schwerebeschleunigung am Orte der Beobachtung selbst bestimmt.

Setzt man $g = 980,714 \frac{cm}{sec^2}$ und $mm_s = 13,5950$, so ergiebt 45 sich für die vorgeschlagene Druckeinheit eine Quecksilberhöhe von 75,003 cm, mit einer Unsicherheit, die grösser als ± 003 ist. Daher würde sich die Festlegung von 75 cm Quecksilber als Druckeinheit empfehlen (Namen der Einheit „Barye"), woraus man dann umgekehrt den normalen Wert der Schwerebeschleunigung zweckmässig als denjenigen definieren könnte, für den die Einheit des Druckes durch den Druck einer Quecksilbersäule von 75 cm bei 0° (= 10^6 Dynen pro cm^2) dargestellt wird.

Radiometrie: Es scheint zweckmässig, die Strahlungsenergie lieber in mechanischer Energie auszuwerten, wie in kalorischer. Man würde also die Strahlungsenergie in *Erg* und in *Joule* und die Lichtleistung einer Strahlungsquelle in *erg* pro *sec* oder in *watt* angeben.

Die Emissionsfähigkeit wäre nach dem Stefanschen Gesetze zu definieren. Nach demselben ist die Kraft der Strahlung $P = \sigma S \vartheta^4$, wo σ die Emissionsfähigkeit des schwarzen Körpers, S die strahlende Fläche, ϑ die Temperatur ist.

Drückt man P in *Watt* aus, so wird nach Kurlbaums Messungen $\sigma = 5,32 \cdot 10^{-12}$. Da man praktisch meist mit absoluten Temperaturen von der Grössenordnung 10^3 zu thun hat, wäre es zweckmässig, diese Temperaturen nach Intervallen von 1000 Graden zu messen. Dann wäre σ mit 1000^4 zu multiplizieren und würde = 5,32.

Die Einheit der Emissionsfähigkeit wäre dann zu definieren als der Koeffizient, der multipliziert mit der Oberfläche des strahlenden Körpers in cm^2 und mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur nach Tausendern der Centigrade, in *Watt* den Wert der ausgestrahlten Energie ergiebt.

So würde z. B. ein schwarzer Körper von 1 cm^2 bei 1500° gegen eine schwarze Umgebung von 0° $5,32\,(1,737^4 - 0,273^4) = 52,5$ *Watt* strahlen.

Die Schwierigkeiten, die Teilstrahlung für die einzelnen Wellenlängen auszudrücken, dürften am

besten durch graphische Darstellung zu überwinden sein. Alles in allem erhält man die beste Darstellung des Beobachtungsmaterials, wenn man ausdrückt:

1. Die Strahlungsenergie in *Watt*, die spezifische Strahlungsenergie in *Watt* pro cm^2.

2. Die totale Emissionsfähigkeit durch den Koeffizienten des Stefanschen Gesetzes, die Temperaturen nach Tausendern der absoluten Grade ausgedrückt.

3. Die Strahlungsenergie als Funktion von λ und ϑ durch graphische Darstellungen mit λ als Abscisse und ϑ als Parameter.

4. Die Emissionsfähigkeit in Abhängigkeit von λ durch Diagramme, deren Parameter ϑ ist, und in denen die Einheit die Emissionsfähigkeit des schwarzen Körpers für jeden Wert von λ und ϑ ist.

In der Photometrie als einem Teile der Radiometrie wäre es zweckmässig, dieselben Einheiten, wie dort zu benutzen. Doch hat sich das historisch anders entwickelt. Immerhin bleibt das Kompromiss wünschenswert, die photometrische Einheit an die Strahlungsgesetze des schwarzen Körpers anzuschliessen: als das von 1 cm^2 eines schwarzen Körpers bei einer bestimmten Temperatur ausgestrahlte Licht. Aber hier würden noch mancherlei praktische Schwierigkeiten zu überwinden sein.

Auch die Viollesche Einheit an sich bedürfte streng einiger Spezialisierung der Definition betreffs der Umhüllung, weil durch dieselbe nach dem Prinzipe des künstlichen schwarzen Körpers unter Umständen wesentliche Verschiebungen der Strahlung zu derjenigen des schwarzen Körpers hin bewirkt werden.

Zur Gewinnung einer geeigneten Spektralskala schlägt der Verfasser vor, das Spektrum in Regionen (entsprechend den Oktaven der Akustik) einzuteilen, wie folgt:

Wellenlänge μ.	Name der Region.	Name der Bezeichnung.
0,05 bis 0,1	3. Ultraviolette	R_3
0,1 „ 0,2	2. „	R_2
0,2 „ 0,4	1. „	R_1
0,4 „ 0,8	Sichtbare	R_0
0,8 „ 1,6	1. Infrarote	R_{-1}
1,6 „ 3,2	2. „	R_{-2}
3,2 „ 6,4	3. „	R_{-3}

In dem 3. Teile des Berichtes folgt eine längere kritische Notiz über die Dichte des Wassers und Quecksilbers, die zu den Endwerten 0,999955 für Wasser, mit einer Fehlergrenze von weniger wie zwei Einheiten der fünften Stelle, 13,5950 für Quecksilber, mit einer Fehlergrenze von weniger wie 3 bis 4 Einheiten der 4. Dezimale führt.

In einem letzten Abschnitte wird das Gebiet Nomenklatur und Abkürzungen in sehr beherzigenswerter Weise behandelt. Naturgemäss betrifft das meiste davon die französische wissenschaftliche Ausdrucksweise. In Deutschland herrscht glücklicherweise in dieser Hinsicht im Allgemeinen Klarheit der Begriffe, sowie Schärfe und Einheitlichkeit des Ausdrucks. Doch ist auch unsere Litteratur von Unarten willkürlicher und unpräziser Nomenklaturen nicht frei, wie sie der Berichterstatter rügt.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 24. August 1900.)

P. Chappuis. Die normale thermometrische Skala und die praktischen Skalen für die Messung der Temperaturen. 17 Seiten.

Im allgemeinen ist der Massstab, nach dem Temperaturmessungen ausgeführt werden, ein verschiedener, abhängig von der Natur des physikalischen Phänomens, mit Hilfe dessen die Messung bewerkstelligt wird, wie: Ausdehnung eines Gases, einer Flüssigkeit oder eines festen Körpers, Widerstandsänderung eines Metalls, Erzeugung einer thermoelektromotorischen Kraft, Intensität der Wärmestrahlung u.s.w. Die so erhaltenen Versuchsdaten haben jedoch nur dann eine allgemeine Bedeutung, wenn die Resultate durch einen gemeinsamen Massstab reduziert und so untereinander verglichen werden können. Verfasser legt nun in seinem Berichte die Resultate der Bemühungen dar, die gemacht wurden, um zu einer wohldefinierten einheitlichen Temperaturskala zu gelangen.

Da unter allen in dieser Hinsicht studierten Gasen der Wasserstoff sich in seinen Eigenschaften am meisten den vollkommenen Gasen nähert, eine mit Hilfe der Ausdehnung reinen Wasserstoffs erhaltene Temperaturskala sich also am meisten der absoluten Temperaturskala nähern dürfte, so hat das internationale Comité der Masse und Gewichte im Oktober 1887 beschlossen, als normale Temperaturskala die hundertteilige Skala eines Wasserstoffthermometers anzunehmen, dessen Fixpunkte die Temperatur des schmelzenden Eises (0^0) und die Temperatur des Dampfes des unter normalem Luftdruck siedenden destillierten Wassers (100^0) sind. Der Wasserstoff wird eingeführt unter einem Druck von 1000 mm Quecksilber, also von

$$\frac{1000}{760} = 1{,}3518 \text{ des normalen Luftdruckes.}$$

Diese Definition gilt für das Wasserstoffthermometer sowohl unter konstantem Druck als auch unter konstantem Volumen.

So gross nun auch die theoretischen Vorteile des Wasserstoffthermometers sind, so sehr ist es bei Temperaturen über 180—200° in seiner praktischen Verwendbarkeit beschränkt. Vor allem die Durchlässigkeit der Metalle für Wasserstoff bei höheren Temperaturen, die reduzierende Wirkung dieses Gases auf Bestandteile des Glases, verhindern bei Temperaturen oberhalb der vorerwähnten Grenze die Anwendung. Man hat deshalb die Eigenschaften anderer Gas- resp. Flüssigkeitthermometer studiert, von denen der Verfasser folgende Resultate mitteilt.

1. Stickstoff- und Luftthermometer. Bei geringem Drucke zeigte sich, dass sich der Stickstoff wie der Wasserstoff verhält und dass seine thermometrische Skala mit der normalen Temperaturskala übereinstimmt. Der Gangunterschied zwischen dem Stickstoffthermometer bei konstantem Druck und der normalen Temperaturskala ist jedoch abhängig vom ursprünglichen Druck, unter dem der Stickstoff steht. Unter 0° ist die Abweichung des Stickstoffthermometers von der Normalskala schon ziemlich deutlich. Unter konstantem Druck ist das Stickstoffthermometer besser geeignet zur Messung, jedoch sind die Abweichungen von der Normalskala für denselben Initialdruck ungefähr doppelt so gross als für das Stickstoffthermometer bei konstantem Volum.

2. Kohlensäurethermometer. Es ist nur zu erwähnen, dass der Gangunterschied, den ein Kohlensäurethermometer zeigt, sechs mal grösser ist, als der, den unter gleichen Bedingungen das Stickstoffthermometer zeigt.

3. Quecksilberthermometer. Der Verfasser beschränkt sich hier, ausser einigen allgemeinen Bemerkungen, auf die Wiedergabe einiger Korrektionstabellen für aus verschiedenen Glasarten hergestellte Thermometer zwischen —35° und +200°. Der Verfasser bespricht dann weiter kurz einige Eigenschaften der zur Messung niederer Temperaturen benutzten Flüssigkeitsthermometer, sowie die Pyrometer, bei denen Widerstandsänderung eines Metalls den Gradmesser für die Temperatur abgiebt. Er beschränkt sich dabei auf die Platinthermometer, dessen Eigenschaften durch die Arbeit von Harker und Chappuis (Phil. Trans. 194, 1900) klargelegt wurden. Er betont besonders die geringe Verwendbarkeit des Platins für niedere Temperaturen.

Mit einigen Bemerkungen über die Fixpunkte, wobei besonders der genau bestimmte Schmelzpunkt des Natriumsulfates als nützlich für die Kontrolle von Thermometern bezeichnet wird, schliesst der Bericht. S. Guggenheimer.

(Eingegangen 26. August 1900.)

F. Exner, Über die neuen Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektrizität. 23 Seiten.

Während die letzten Jahre an Theorien der atmosphärischen Elektrizität recht fruchtbar gewesen sind, hat sich der Besitz an brauchbaren Messungsergebnissen nur langsam vermehrt. Der Grund davon liegt sowohl in der Empfindlichkeit der zu messenden Grössen gegen die Verunreinigung der Luft in der Nähe der Städte, wie in ihrer Abhängigkeit von den schnell wechselnden meteorologischen Bedingungen.

Unter Beschränkung auf die normalen Verhältnisse, d. h. unter Ausschluss der Gewitterphänomene, giebt Verfasser eine durch Litteraturnachweise gestützte Zusammenstellung der neueren Untersuchungen über das elektrische Feld der Atmosphäre und fügt eine kritische Besprechung der hauptsächlichsten Theorien hinzu, die in letzter Zeit über den Ursprung und die Ursachen der Veränderlichkeit jenes Feldes erdacht sind.

Die Erfahrung, dass das Potentialgefälle an der Erdoberfläche in der Richtung der Vertikalen bei heiterem Himmel positiv ist, hat sich an zahlreichen, über den ganzen Erdball zerstreuten Beobachtungsorten bestätigt, die seltenen Fälle entgegengesetzten Vorzeichens sind mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit auf Störungen zurückzuführen.

Messungen des absoluten Betrages des Potentialgefälles hat man bis jetzt nur von wenigen Orten und fast allein von europäischen Stationen. Bekanntlich ist der Verfasser stets mit besonderem Nachdruck für eine Reduktion der Messungen auf freies Feld eingetreten, um sie von der zufälligen Deformation der Niveauflächen am Beobachtungsorte unabhängig zu machen. Aus den bisher bekannt gewordenen absoluten Daten folgt, dass die negative Ladung eines cm^2 der Erdoberfläche zwischen etwa 0,00016 und 0,00125 elektrostatischen Einheiten schwankt.

Die jährliche Periode des Potentialgefälles, die ein Maximum im Winter, ein Minimum im Sommer aufweist, scheint ein im Tieflande allgemein verbreitetes Phänomen zu sein. In einer Höhe von 3100 m (auf dem Sonnblickgipfel) ist sie indessen kaum nachweisbar, daher müssen die elektrischen Massen, die durch ihre Veränderlichkeit die Jahresperiode bedingen, fast ausschliesslich unterhalb des Niveaus von 3000 m liegen.

Die tägliche Periode tritt in drei Formen auf.

Die erste, bei weitem die häufigste, besteht in einer doppelten Schwankung mit den Maximis um $8^h a$ und $8^h p$. Die Stunde der Maxima lässt eine gewisse Verschiebung je nach der Lage des Beobachtungsortes zu.

Der zweite Typus hat ein sehr deutliches Minimum gegen $5^h a$ und ein Tagesmaximum von veränderlicher Lage, bei dem dritten ist das Potentialgefälle nahezu konstant.

Eine direkte Beziehung des Typus der täglichen Periode zur geographischen Lage existiert nicht; so hat Batavia eine ausgesprochene Doppelschwankung, während diese nach des Verfassers Messungen in Ceylon und über dem indischen Ozean fehlt. Auch die Jahreszeit ist von Einfluss auf die Tagesperiode in der Art, dass die doppelte Oszillation an manchen Orten allein in den Sommermonaten deutlich erkennbar ist und im Winter in die einfache übergeht. Die gleiche Vereinfachung der Tageskurve tritt im Sommer auch auf hochgelegenen Orten ein, sie nähert sich mit zunehmender Höhe mehr und mehr dem Wintertypus der Tiefenstationen.

Eine befriedigende Erklärung der täglichen Periode hat noch nicht gegeben werden können, auch der gemutmasste Zusammenhang mit der des Luftdrucks ist nach dem Verfasser nicht aufrecht zu erhalten, da für Orte mit gleichen Barometerkurven die des Potentialgefälles total verschieden sein können. Verfasser ist geneigt, die doppelte Schwankung des letzteren mit der an vielen Orten der Erde nachgewiesenen Verminderung der Sonnenstrahlung um Mittag in Verbindung zu bringen. Die von dem erwärmten Erdboden aufsteigenden Luftmassen sollen negativ elektrischen Staub von der Erdoberfläche mit sich führen und dadurch eine Verminderung des Potentialgefälles am Erdboden bewirken. Einer Veränderung in der Stärke der aufsteigenden Luftströme müsste demnach auch eine Veränderung des Potentialgefälles entsprechen.

Bekanntlich bieten die Messungen des elektrischen Feldes der Atmosphäre vom Ballon aus ein sicheres Mittel zu entscheiden, ob die Luft selbst elektrisch neutral oder mit geladenen Massen erfüllt ist. Sind solche vorhanden, so muss, wenn sie überwiegend von negativem Vorzeichen sind, das Potentialgefälle mit der Höhe zunehmen, im entgegengesetzten Falle dagegen sinken. Verfasser hat die ersten derartigen Messungen veranlasst, sie ergaben für geringe Höhen über der Erdoberfläche eine Zunahme der Feldintensität, führten also zu der Annahme negativer Elektrizität in der Luft. Indessen haben die neueren Beobachtungen ausser Zweifel gesetzt, dass mindestens von einer gewissen Höhe an das Potentialgefälle regelmässig abnimmt. Wenn Herr Exner den Schluss zieht, dass die unteren Schichten der Atmosphäre im allgemeinen negative, die oberen positive Massen enthalten, so dürfte die erste Folgerung bei weitem nicht die Sicherheit der zweiten haben. Vielmehr scheint es dem Ref. nach den Erfahrungen von Börnstein, le Cadet und Baschin, dass die Zunahme des Potentialgefälles mit der Höhe, also ein Gehalt an freier negativer Elektrizität selbst für die unteren Luftschichten keineswegs als der normale Zustand betrachtet werden kann.

Nach kurzen Bemerkungen über die Zerstreuung der Elektrizität in die Luft, die Eigenladung der Niederschläge, die Möglichkeit magnetischer Wirkungen der Elektrizitätsbewegungen in der Atmosphäre, den Einfluss magnetischer Störungen auf das elektrische Feld der Erde, sowie schliesslich über die von einigen Beobachtern bemerkten Schwankungen des Potentialgefälles im Momente des Sonnenunterganges und bei Sonnenfinsternissen wendet sich Verfasser zur Besprechung der Theorien der atmosphärischen Elektrizität.

Vorausgeschickt wird die Bemerkung, dass keine von ihnen über alle in Frage kommenden Erscheinungen Rechenschaft zu geben imstande sei.

Bekanntlich hat Herr Exner selbst die Hypothese vertreten, dass die Erde eine negative Eigenladung habe, von der ein Teil, durch den Wasserdampf mitgeführt, sich in der Atmosphäre verbreite und durch die Niederschläge zur Erde zurückgeführt werde.[1] Als Vorzug dieser Theorie wird hervorgehoben, dass sie nicht nur im allgemeinen, sondern auch der Grössenordnung nach die jährliche Periode des Potentialgefälles darzustellen vermöge. Dagegen kann sie über die tägliche Schwankung keine Auskunft geben. Die Voraussetzung der Theorie, die Mitführung elektrischer Ladungen durch den von einer Flüssigkeit aufsteigenden Dampf, kann bis jetzt nicht als experimentell nachgewiesen gelten.

Die dem Wasserdampf zugeschriebene Rolle würde mit der Thatsache übereinstimmen, dass in feuchten Klimaten das Potentialgefälle im allgemeinen niedrig, in trockenen hoch gefunden ist. Allerdings stehen mit dieser Regel die viel zu kleinen Beträge im Widerspruch, die Benndorf im Winter in Sibirien beobachtete. Verfasser glaubt, dass diese Abnormität vielleicht auf eine negative Elektrisierung der Luft an der ausgedehnten Schneedecke des Erdbodens zurückführbar sei.

Wenn auch die Annahme einer negativen Ladung des Erdkörpers mit Einschluss seiner Atmosphäre mit der Existenz positiver Massen in der Luft, wie sie die Beobachtungen vom Ballon aus ergeben habe, nicht vereinbar ist, so folge doch noch nicht, dass die jährliche Periode des Potentialgefälles nicht durch die

1) Nach einer Bemerkung des Übersetzers des Exnerschen Berichtes, Herrn B. Chauveau, findet sich diese Hypothese schon bei Peltier.

Veränderlichkeit des Wasserdampfgehaltes bewirkt werden könne.

Von Elster und dem Ref. war der Versuch gemacht, die von der Exnerschen Theorie angenommene Konvektion der Bodenelektrizität in die Luft durch eine photoelektrische Entladung der Erdoberfläche im Sonnenlichte zu ersetzen. Hiernach müsste das Potentialgefälle mit steigender Insolation abnehmen. Indessen steht diese Folgerung im Widerspruch mit den kürzlich von Herrn Exner in Luxor angestellten Messungen. Ausserdem ist die zu Grunde gelegte Hypothese, wie die ursprüngliche Exnersche, ausser stande, die soeben erwähnte positive Ladung der Luft zu erklären. Die Theorien von Brillouin, Braun und le Cadet, die der Reihe nach die Elektrisierung der Eisnadeln in den Cirruswolken durch Vermittelung des ultravioletten Sonnenlichts, die Abhängigkeit des Potentialgefälles von der Temperatur und schliesslich vom Kohlensäuregehalt der Luft annehmen, werden durch Hinweis auf ihnen widersprechende Erfahrungen als unzureichend bezeichnet.

Schliesslich wird der in allerjüngster Zeit gleichfalls von Elster und dem Referenten ausgesprochene Gedanke behandelt, dass die aus den Eigenschaften des Zerstreuungsvorganges gefolgerte Ionisierung der natürlichen Luft als Ursache der atmosphärischen Elektrizität zu betrachten sei. Verf. erkennt im allgemeinen die Vorzüge dieser Anschauungsweise an, von den erhobenen Bedenken möchte Ref. hier eines beseitigen, das auf einem Missverständnis beruht. Der Unterschied in den Geschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen in künstlich leitend gemachter Luft, aus dem die negative Ladung des Erdkörpers abgeleitet wird, ist nicht allein, wie Herr Exner meint, bei sehr niedrigen Drucken, sondern auch bei dem normalen der Atmosphäre beobachtet worden.

Am Schlusse des Referats werden die folgenden beherzigenswerten Forderungen gestellt:

1. Reduktion aller Messungen des Potentialgefälles auf absolutes Mass,
2. Weitere Ausdehnung des Netzes von Stationen mit kontinuierlichen Beobachtungen,
3. Messungen des Potentialgefälles in den höchsten Schichten der Atmosphäre vermittelst unbemannter, mit Registrierapparaten ausgerüsteter Ballons,
4. Beobachtungen über die Eigenelektrizität der Niederschläge,
5. Bestimmungen des Potentialgefälles auf Hochebenen von 2000–3000 m Erhebung,
6. Untersuchungen über Elektrizitätszerstreuung und Messungen der Sonnenstrahlung an verschiedenen Orten der Erdoberfläche.

H. Geitel.

(Eingegangen 20. August 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

V. Dussauds Telephoninskripteur.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Im Elektrizitätspalast befinden sich in Klasse 26 verschiedene Erfindungen des Prof. Dussaud, Genf, ausgestellt wie z. B. lautsprechende Telephone, Phonograph für Taube, Kinematograph für Blinde und auch ein Telephonschreiber, der besonders aus dem Grunde interessiert, weil er das durch das Poulsensche Telegraphon auf magnetischem Wege gelöste Problem des Fernsprechschreibers durch die Verbindung eines lautsprechenden Telephons mit einem Wachswalzenphonographen, also auf mechanischem Wege löst. — Dussaud hat eingehend untersucht, durch welche Mikrophon- resp. Telephonkonstruktion die menschliche Stimme am besten wiedergegeben wird. Nach seinen Mitteilungen[1]) besitzt sein Kohlenkorn-Mikrophon mehrere in einem Resonanzgehäuse eingeschlossene Mikrophonmembranen und zwar ist die Anordnung derselben eine derartige, dass die Schallschwingungen auf beide Seiten der Membranen wirken können. Der Wiedergabeapparat stellt ein Facettentelephon dar, d. h. jeder Pol des Telephonelektromagneten besitzt mehrere Flächen und vor jeder einzelnen derselben befindet sich eine Membrane. Dem Mikrophon entsprechend führt Dussaud die von den Netzmembranen erzeugten Schallwellen von beiden Seiten der Membranen mittelst Luftröhrchen einer Mündung zu.

Bei Anwendung einer solchen Dussaudschen Mikrophon- und Telephonstation ist die Lautwirkung hinreichend, um auf einen Phonographen zu wirken.

Der Telephonschreiber, d. h. der Empfangsapparat, ist derart konstruiert, dass er an Stelle des Trichters an jedem gewöhnlichen Phonographen angebracht werden kann, ohne dass sonst irgend etwas verändert zu werden braucht.

1) Note présentée à l'Académie des sciences le 27. novembre 1899.

Nach vollzogener Aufnahme wird der Telephonschreiber durch den Trichter resp. durch Hörschläuche ersetzt und die Wachsschrift abgehört. Dussaud hat auf diesem Wege telephonische Gespräche und Mitteilungen über eine grosse Anzahl von Kilometern phonographisch aufzeichnen können.

Bei einer Vorführung der Dussaudschen Apparate in Genf haben mehr als 1000 Personen die vom Telephoninskripteur aufgezeichneten und wiedergegebenen Worte und theatrophonischen Übertragungen deutlich wahrnehmen können. —

Der Apparat wird in der Ausstellung im Betrieb vorgeführt und man kann sich leicht davon überzeugen, dass die Lautstärke und auch die Klangfarbe bis zu einem gewissen Grade bei der phonographischen Wiedergabe gewahrt bleiben.

Paris, Juli 1900.

(Eingegangen 6. August 1900.)

REFERATE.



Der elektrische Betrieb auf der Wannseebahn, Berlin.

Nach Beendigung der Vorversuche wurde vor kurzem der elektrische Betrieb auf der Wannseebahn versuchsweise eröffnet. Auf der 12 km langen Vorortstrecke Berlin-Zehlendorf verkehrt seit dem 1. August ein elektrisch betriebener Zug. Über Einzelheiten und elektrische Einrichtungen entnehmen wir der E. T. Z.[1]) folgende authentische Mitteilungen:

Der Zug besteht aus 10 dreiachsigen Wagen; die beiden Endwagen, welche sich äusserlich von den anderen Wagen 3. Klasse nur dadurch unterscheiden, dass die eine Stirnwand durch eine Glaswand ersetzt ist, sind als Motorwagen eingerichtet. Der vorderste Abteil eines jeden derselben enthält die Steuerapparate und Messinstrumente, die Luftpumpe und Kessel für die Westinghouse-Bremse, welche erstere durch einen besonderen Elektromotor bethätigt wird. Der Antrieb des Zuges erfolgt durch 6 Hauptstrommotoren zu 150 PS, und zwar sind die Motoren direkt auf den Achsen der Wagen montiert. Die Regelung des Zuges geschieht von dem vorderen Motorwagen aus. Der Fahrschalter besteht aus 2 Walzen, von denen die eine zur Steuerung, die andere zur Geschwindigkeitsregulierung dient.

Zur Beleuchtung des Zuges dienen 120 Glühlampen.

Sechs an den Seiten des Zuges angebrachte schlittenförmige Stromabnehmer entnehmen den Strom von 750 Volt Spannung den längs der Geleise verlegten Kontaktschienen, die von alten Eisenbahnschienen gebildet werden. Dieselben sind gut isoliert und befinden sich etwa 320 mm über Fahrschienenoberkante. Zur Rückleitung des Stromes werden die Fahrschienen selbst benutzt. Die für die Zugförderung erforderliche elektrische Energie wird von einer Siemens & Halskeschen Innenpoldynamomaschine, die mit einer Borsigschen 400-pferdigen Verbunddampfmaschine direkt gekuppelt ist, auf dem Kraftwerk der Gross-Lichterfelder Strassenbahn erzeugt.

In Berlin und Zehlendorf sind Pufferbatterieen aufgestellt, welche bei einstündiger Entladung eine Kapazität von ca. 800 Amperestunden besitzen; sie wurden von der Akkumulatoren-Aktiengesellschaft in Berlin geliefert.

Das Unternehmen ist nach einem Plan des Eisenbahndirektors Bork ausgeführt; der elektrische Teil der Anlage ist von der Firma Siemens & Halske geliefert. Die Einrichtung hat sich in der kurzen Zeit gut bewährt, so dass die Anzahl der täglich verkehrenden Züge vom 20. August an verdoppelt wurde.

Nach den auf dieser Versuchsstrecke gewonnenen Erfahrungsgrundlagen dürfte der weiteren Einführung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen kein unüberwindliches Hindernis mehr im Wege stehen. E. Ruhmer.

(Eingegangen 21. August 1900.)

1) E. T. Z. **1900**. 33.

Tagesereignisse.

Vom internationalen Physikerkongresse zu Paris [6.—12. August 1900.][1])

Laut vorher verschickten Programmes sollten die Verhandlungen des Kongresses in 7 Sektionen stattfinden:

1. Sektion: Allgemeine Fragen; Messmethoden, Einheiten; Fragen des Unterrichtes.
2. Sektion: Mechanik und Molekularphysik.
3. Sektion: Optik und Thermodynamik.
4. Sektion: Elektrizität und Magnetismus.
5. Sektion: Magnetooptik, Kathodenstrahlen, Uranstrahlen u. s. w.
6. Sektion: Kosmische Physik.
7. Sektion: Biophysik.

1) Vgl. diese Ztschr. **1**, 391, 1900.

Auf diese Sektionen war die Diskussion der dem Kongresse überreichten, den Interessenten beim Sekretariate im Aushängebogen zur Verfügung stehenden Berichte verteilt.

Diese, in drei stattlichen Bänden demnächst erscheinenden Berichte bilden das wesentliche und bleibend wertvolle Ergebnis des Kongresses, dessen Verlauf an sich für den Einzelnen, (insbesondere den Nichtfranzosen) durch mancherlei Unzulänglichkeiten der Organisation weniger wertvoll und gewinnbringend war. So fehlte z. B. eine gedruckte Präsenzliste und ein Tageblatt vollständig, und die auf den deutschen Kongressen für die Anknüpfung persönlicher Beziehungen so wertvolle Einrichtung offizieller Stammlokale, sei es der Sektionen, sei es der Landsleute, war in keiner Weise vorgesehen.

Die Teilnehmer erreichten die stattliche Zahl von etwa 900. Die deutsche Physik war ziemlich zahlreich vertreten.

Die Eröffnung des Kongresses fand am 6. August 3 Uhr in dem Palast der Kongresse auf dem Ausstellungsplatze durch Herrn Cornu, als Präsident des Organisationskomités statt. Nach dem Danke an alle um das Zustandekommen des Kongresses verdienten Männer und Behörden, sowie der Begrüssung der Delegierten und auswärtigen Vertreter, wird zur Bildung der Sektionen und der Wahl ihrer Vorstandsmitglieder geschritten. Zunächst wird der ehrwürdige Senior der Versammlung, Lord Kelvin, unter brausendem Beifall zum Ehrenpräsidenten des Kongresses erwählt; darauf, auf Vorschlag des Vertreters der deutschen Physikalischen Gesellschaft, Warburg (Berlin), Professor Cornu zum Präsidenten des Kongresses.

Vizepräsidenten wurden: Cailletet, H. Poincaré, Warburg, Graham Bell, Langley, Sir W. Roberts Austin, van der Waals, Schwedoff, Exner, Righi. Generalsekretäre: L. Poincaré, Ch. Ed. Guillaume.

Der Vorstand der Sektionen erhielt folgende Zusammensetzung:

	I. Sektion	II. Sektion	III. Sektion
Präsident . .	Benoît	Violle	Lippmann
Vizepräsident .	Pérot	Amagat	Macé de Lépinay
Ehrenpräsidenten	Rykatschef Thiessen (Berlin)	Volterra van der Mensbrugghe	Rydberg Glazebrook
Sekretäre . .	Frau Curie Lamotte	Berthelot Benard	Brunhes Dongier

	IV. Sektion	V. Sektion	VI. Sektion	VII. Sektion
Präsident . .	Bouty	Becquerel	Mascart	D'Arsonval
Vizepräsident	Herr Curie		Crova	Charpentier
Ehren-Präsidenten	Boys Drude (Leipzig)	Voigt (Göttingen) Lorentz	Hagenbach (Basel)	
Sekretäre .	Maurain Weiss	Perrin Cotton	Chauveau	Broca

Über die Berichte des Kongresses haben wir an anderer Stelle zu referieren begonnen.[1])

Auf die Entscheidungen, Beschlüsse u. s. w. der Sektionen kommen wir nach dem Erscheinen der offiziellen Protokolle zurück.

Aus den Sitzungen sei hier nur hervorgehoben: die Rede des Herrn H. Poincaré „Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und mathematischen Physik", die wir demnächst vollständig in Übersetzung veröffentlichen werden; ferner die Demonstrationen des Herrn H. Becquerel und von Herrn und Frau Curie über ihre schönen Entdeckungen und Untersuchungen an radioaktiven Substanzen; ferner die historisch so interessante Demonstration der Originalapparate Fizeaus und Foucaults zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, durch Herrn Cornu.

Will man das wissenschaftliche Ergebnis des Kongresses knapp zusammenfassen, so muss man sagen, dass er Neues wenig gebracht hat, dass er aber durch die drei Bände Berichte der berufensten Forscher über aktuelle Gebiete und Fragen der Physik eine wertvolle sichtende und (im Sinne E. Machs) ökonomische Bedeutung in Anspruch nehmen darf. In dieser Hinsicht wird er in der Geschichte der Physik seinen Platz behaupten.

Das Beiwerk des Kongresses an Besichtigungen, Vergnügungen und Empfängen enttäuschte vielfach. Die Besichtigungen waren, in Anbetracht der reichen Gelegenheit in Paris, karg; von offiziellen Vergnügungen hatte man ganz abgesehen, in der verständigen Erwägung, dass Paris die freie Zeit des Einzelnen in dieser Hinsicht ohnehin stark belasten würde. Der Empfang im Stadthaus fiel, wegen der Trauer um den König von Italien, aus. Der Empfang beim Präsidenten der französischen Republik, Herrn Loubet, zu einem (übrigens prächtig ausgestatteten) Gartenfeste verlief wenig würdig und wäre in dieser Form besser unterblieben. Man hatte eine Anzahl gleichzeitig tagender Kongresse zusammengeladen und sich in der Zahl der zu erwartenden Besucher offenbar durchaus verrechnet.

Sehr befriedigt und mit Dank erfüllt hat die Kongressmitglieder dagegen der Empfang beim Prinzen Roland Bonaparte, Mitglied des Organisationskomités, am Sonnabend den 11. August. Die in seiner prächtigen Bibliothek seinen Gästen veranstaltete Ausstellung und Demonstration kostbarer Physikalischer Apparate Pariser Firmen bildete den physikalisch-wissenschaftlichen Hintergrund des Festes und war Gegenstand lebhaften Interesses. H. Th. S.

1) Vgl. diese Ztschr. No. 44 ff. 1900.

Personalien.

Der erste Observator der Sternwarte in Kiel, Professor Dr. Lamp, ist zur Beteiligung an der zur Vermessung der Grenzen zwischen Deutsch-Ostafrika und dem Congostaat abgehenden Expedition auf zwei Jahre beurlaubt worden.

In der medizinischen Fakultät der Universität Erlangen hat sich der approbierte Arzt Dr. phil. et med. Oskar Schulz aus Loritten als Privatdozent für Physiologie, insbesondere physiologische Chemie habilitiert.

Dr. phil. Karl Wesendonk, Privatdozent der Physik an der Universität Berlin, wurde in den Adelstand erhoben.

Der bisherige ausserordentliche Professor der Elektrochemie an der Technischen Hochschule zu Dresden Dr. Förster wurde zum ordentlichen Professor ernannt.

Der Privatdozent der mathematischen Physik an der Technischen Hochschule in Karlsruhe Dr. Mie wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Der Privatdozent und Realschulprofessor an der Universität Klausenburg Dr. Leopold Klug ist zum ordentlichen Professor der darstellenden Geometrie ernannt worden.

Berichtigungen.

In dem Referate über „H. Nagaoka, Über Magnetostriktion", voriges Heft S. 549 erste Spalte Zeile 8 ist „Knott" statt Krott zu lesen. Zeile 34 sind die Formeln zu schreiben

$$\frac{\delta l}{l} = \left[\frac{4\pi k^2}{3}\,\frac{1+\vartheta}{1+2\vartheta} + \frac{k-k'}{2(1+2\vartheta)} - \frac{k''}{2}\right]\frac{H^2}{E}$$

$$\frac{\delta v}{v} = \left[\pi k^2 + 3\frac{(k-k')}{4} - \frac{k''}{4}\right]\frac{H^2}{K(1+3\vartheta)}.$$

In der zweiten Spalte, Zeile 50 muss es heissen „sodass k, k' und k'' u. s. w."

Seite 550 letzte Zeit ist „Honda" statt Hinda zu lesen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 50. 15. September 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Funkenlänge einer elektrischen Influenzmaschine in ihrer Abhängigkeit von einem kleinen Funken, der aus der Kathodenseite gezogen wird.

Von W. J. Humphreys.[1])

In folgendem soll die Aufmerksamkeit auf die Thatsache gelenkt werden, dass 1. die Funkenlänge einer gewöhnlichen elektrischen Influenzmaschine sehr vergrössert wird, wenn man kleine Funken mit der Hand oder auf andere Weise dem negativen Pole oder einem andern Teile der Maschine, der mit der Kathode in metallischer Verbindung steht, entnimmt; und 2. dass diese Eigentümlichkeit lediglich dem negativen Teile der Maschine zukommt, während ein gleicher Effekt durch Funken, die man dem positiven Pole entnimmt, nicht erzeugt wird.

Verschiedene Versuchsanordnungen wurden durchprobiert und aus ihnen das Ergebnis gewonnen, dass die Erscheinung durch die elektrischen Schwingungen oder Wellen hervorgerufen wird und dass das Dielektrikum gegen Störungen weit empfindlicher in der Nähe der Anode als der Kathode ist.

Im weiteren ergeben die Versuche, dass Funken, die durch elektrische Schwingungen ausgelöst werden, dann einsetzen, wenn der Impuls in Richtung Anode—Kathode und nicht, wenn er im entgegengesetzten Sinne gerichtet ist.

1) Ausführlich in Physic. Review, 10, 311, 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

(Eingegangen 6. August 1900.)

Die Längenänderung des weichen Eisens in einem magnetischen Wechselfelde.

Von Louis Winslow Austin.[1])

Die vorliegende Arbeit verfolgte den Zweck, die möglichen Veränderungen festzustellen, welche die Länge eines Weicheisenstückes erfährt, wenn es sehr plötzlichen Veränderungen des Magnetfeldes ausgesetzt wird.

Die Elongationen wurden mit Spiegel und Skala beobachtet. Der Spiegel war unten mit einer Wasserdämpfung versehen und an einem feinen Glasfaden befestigt, der zwischen zwei Platten von Tafelglas rollen konnte. Die eine der letzteren war festgelegt, während die andere, durch ein Gummiband gegen die erstere angedrückt, durch das sich ausdehnende Eisen vorwärts gestossen wurde. Die bewegliche Platte folgte wegen ihrer Trägheit den schnellen Bewegungen des Eisens, wenn sich dieses ausdehnte oder zusammenzog, nicht, sondern wurde in ihrer vorgeschobenen Lage durch die Stösse des vibrierenden Eisens festgehalten. Nur in den Fällen der langsamsten Wechsel, 10 und 16 in der Sekunde, zeigte sie Neigung, zwischen den einzelnen Schwingungen ein wenig zurückzukehren.

Das beim Versuche verwendete weiche schwedische Eisen wurde in einem Bündel von 10 Drähten von 27,5 cm Länge und 0,14 cm Durchmesser verwendet. Das magnetisierende Solenoid mass 24 cm in der Länge und hatte pro Centimeter 12 Windungen. Das Dilatometer mit dem Glasfaden, dessen Durchmesser ungefähr 0,06 mm betrug, gab bei einem Skalenabstand 360 cm eine ungefähr 127000fache Vergrösserung. Bei konstantem Felde erhält man so das Maximum des Ausschlages mit 14,5 cm der Skala. Es wurden Wechselströme, deren Frequenzen zwischen 10 und 131 in der

1) Ausführlich in Physic. Review, 10, 180, 1900.

Sekunde variiert wurden, verwendet, und die Feldstärke *H* von 7,5 bis nahezu 300 variiert, wobei Korrektionen wegen der Enden des Solenoides nicht gemacht sind. Bei den höheren Frequenzen und stärkeren Feldern traten infolge des Heisswerdens des Eisens beträchtliche Störungen auf, deren Fehler meiner Meinung nach aber innerhalb der Grenzen, in welchen die Beobachtungen hier angegeben werden, klein sind.

Die allgemeinen Resultate der Arbeit sind aus den Tabellen I und II ersichtlich. In Tabelle I werden die Elongationen, welche in Zehnmillionstel der Gesamtlänge des Eisens ausgedrückt sind, für verschiedene Frequenzen und Feldstärken gegeben. Bei demselben Werte von *H* erscheinen die den veränderlichen Feldern zukommenden Elongationen im Allgemeinen geringer als die bei konstanten Feldern.

Tabelle I.

H	Gleichstrom	10 Wechsel pro Sekde.	30 pr. Sek.	60 pr. Sek.	120 pr. Sek.
7.5	1.7	2.2	2.2		
15.0	9.0	13.2	13.2	14.4	13.2
30.0	29.5	32.4	29.0	25.8	24.5
45.0	38.5	34.5	35.0	31.0	29.4
75.0	41.5	39.8	36.6	34.1	31.0
150.0	30.1	28.0		27.0	
225.0	20.2	18.3			
300.0		8.0			

Tabelle II giebt die den verschiedenen Frequenzen entsprechenden grössten Elongationen. Ein deutliches Kleinerwerden der maximalen Ausdehnung macht sich bemerkbar, sobald die Frequenzen höher werden.

Tabelle II.

Frequenzen	Maximal-Ausdehnung	Frequenzen	Maximal-Ausdehnung
Gleichstrom	41.5	66 per Sek.	33.2
10 pr. Sek.	39.8	81	32.2
16	39.6	99	31.5
30	36.6	120	31.0
40	35.2	131	30.7
60	34.0		

Die Schlüsse, welche aus der Untersuchung zu ziehen sind, können kurz, wie folgt, zusammengefasst werden:

1. Der allgemeine Verlauf der Längenänderung des weichen Eisens in einem wechselnden magnetischen Felde ist derselbe wie in einem konstanten.

2. Für alle Werte von *H* über 25 bis einschliesslich 300 ist die Länge des Weicheisenstückes in einem wechselnden Felde kleiner als in einem konstanten.

3. Die maximale Elongation nimmt allmählich bei wachsender Zahl der Wechsel ab.

Das zweite Resultat steht, wie es mir scheint, in Beziehung zu den Beobachtungen einiger Physiker[1]) über die Abnahme der Permeabilität des Eisens, das plötzlichen magnetischen Schwingungen ausgesetzt ist. Die kürzlich erschienene Arbeit von Niethammer[2]) und Wien[3]) über diesen Gegenstand zeigen auch eine Übereinstimmung mit dem 3. Resultate, indem Niethammer eine prozentuale Abnahme der Permeabilität mit wachsender Frequenz findet, das numerisch fast genau mit den hier gegebenen Resultaten übereinstimmt.

Wiens prozentuale Abnahme ist beträchtlich kleiner. Dessenungeachtet kann man kaum annehmen, dass die Abnahme der maximalen Ausdehnung allein der abnehmenden Induktion zuzuschreiben ist. Denn, dann würde ein Anwachsen des Feldes die Induktion so steigern können, wie es erforderlich wäre, um die frühere maximale Elongation zu erzeugen, und das einzige Ergebnis wäre, dass das Maximum die Verlängerung einem etwas grösseren Werte von *H* entspräche. Da dies nun nicht der Fall ist, kann die verminderte maximale Verlängerung nicht als einfache Folge der verminderten Permeabilität betrachtet werden, aber ihre quantitativ ähnliche Abnahme möchte darauf schliessen lassen, dass sie beide aus denselben molekularen Ursachen hervorgehen.

The University Wisconsin, U. S. A. Juli 1900.

1) Warburg und Hönig, Wied. Ann. **20**, 1883, 814 Tanakadate, Phil. Mag., **28**, 1889, 207; Klemenčič, Sitzungsber. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. zu Wien. **103**, 17, 1894; Weihe, Wied. Ann., **61**, 1897, 578.

2) Niethammer, Wied. Ann., **66**, 1898, 29.

3) M. Wien, Wied. Ann., **66**, 1898, 859.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

(Eingegangen 9. August 1900.)

Ein Vorlesungsversuch aus der Lehre vom Gasdruck.

Von Carl Forch.

Warburg[1]) beschreibt einen Versuch zur Demonstration der Abhängigkeit des Gasdruckes von der Höhe und dem spezifischen Gewicht der auf der betreffenden Fläche ruhenden Gassäule, der aber nur auf in Luft verbrennbare Gase — speziell auf Leuchtgas — anwendbar ist. Durch eine kleine Änderung lässt sich derselbe mit allen Gasen anstellen.

Lässt man in einer Waschflasche Gas von konstantem Druck unter einer Absperrflüssig-

1) Verhandlungen d. Physikalischen Gesellschaft z. Berlin. 1891, S. 21.

keit ausströmen, so kann man durch Verschieben der Zuleitungsröhre bewirken, dass für einen bestimmten äusseren Druck gerade keine Gasblasen mehr aufsteigen, der Gasdruck also gleich ist dem auf der Absperrflüssigkeit ruhenden Atmosphärendruck + dem Druck der Flüssigkeitssäule. Von dem zweiten Rohre der Waschflasche führt ein Schlauch zu einer nicht zu kleinen Kochflasche. Diese ist mit einem beliebigen (gleichen oder anderen) Gase gefüllt. Durch den doppelt durchbohrten Kork derselben führt eine Glasröhre, an welcher ein langer mit dem gleichen Gas wie die Kochflasche gefüllter Schlauch sitzt.

Ist das zweite Gas schwerer als Luft, so wird der Gasstrom in der Waschflasche bei einem Senken des Schlauchendes wieder auftreten, ist es aber leichter, so geschieht dies beim Heben desselben.

Man kann unmittelbar nach einander den Versuch für beide Gruppen von Gasen anstellen, indem man den ganzen Apparat zuerst mit CO_2 füllt; und da das Ableitungsrohr in der Kochflasche bis zum Boden führt, dauert es eine geraume Zeit, ehe Leuchtgas in den Schlauch tritt, selbst wenn durch wiederholtes Senken des Schlauchendes in den oberen Teil der Kochflasche Leuchtgas gekommen ist. Hierauf lässt man solange Leuchtgas austreten, bis der Schlauch mit diesem gefüllt ist und stellt nun den Versuch für die Gruppe der Gase, die leichter als Luft sind, an.

Ist der Gasdruck möglichst günstig kompensiert, so genügt eine Höhenverschiebung des Schlauchendes von 1 m, um den Versuch sicher auftreten zu sehen. Derselbe ist auch für ein grosses Auditorium gut sichtbar und hörbar.

Soll nur das Leuchtgas verwendet werden, so kann die Kochflasche natürlich wegfallen und der Schlauch unmittelbar an die Waschflasche angesetzt werden.

Noch sicherer und einfacher gelingt der Versuch in folgender Abänderung. Man stellt eine Mariottesche Flasche so ein, dass sie ganz schwach fliesst, in der Minute etwa 4—5 cm³. An das freie Ende der Röhre derselben setzt man mittelst eines fest eingeklemmten Zwischenstückes — dies ist nötig, damit die Einstellung der Flasche bei dem Experimentieren völlig ungeändert bleibt — einen langen Schlauch, der an dem anderen Ende einen Trichter trägt; dieser ist möglichst hoch — etwa 2 m genügen — über der Flasche befestigt; gegen ihn lässt man aus einiger Entfernung einen langsamen Gasstrom fliessen. (Je nachdem das Gas leichter oder schwerer als Luft ist, muss der Trichter die Öffnung nach unten bezw. nach oben haben.) Die Ausflussöffnung des Wassers muss etwas verengt sein um keine Luftblasen eintreten zu lassen.

Bei Verwendung von Luft, bezw. CO_2 bezw. Leuchtgas ergaben sich z. B. nachstehende Mengen des ausgeströmten Wassers in der Minute:

Luft	CO_2	Leuchtgas
4,5 cm³	11,5 cm³	2 cm³.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule. 1. September 1900.

(Eingegangen 2. September 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Experimentelle Untersuchungen über Teile, welche kleiner als Atome sind.

Von P. Zeeman.

(Schluss.)

Es ergab sich ferner, dass die Resultate sich nicht änderten, wenn verschiedene Gase, etwa Luft, Wasserstoff oder Kohlensäure sich in der Entladungsröhre befanden, oder wenn Elektroden aus Platin, Eisen oder Aluminium die Elektrizität zuführten. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen scheint nur von der Potentialdifferenz der Elektroden abzuhängen. Diese Unabhängigkeit der Kathodenstrahlen von der Natur des Gases und der Elektroden, macht es schon wahrscheinlich, dass ihre Beschaffenheit eigenartig sein muss.

Vor allen Dingen sind es jedoch die aussergewöhnliche Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen und die überraschend hohe Ladung der fortfliegenden Teilchen, die uns zu der Annahme zwingen, dass wir es in den Kathodenstrahlen nicht mit sich bewegenden, gewöhnlichen Gas- oder Metallatomen zu thun haben. Dass das Verhältnis der Ladung zur Masse bei den Ionen, welche die Kathodenstrahlen bilden, tausendmal grösser ist, als dasselbe Verhältnis bei den Ionen von elektrolytisch abgeschiedenem Wasserstoff, kann der Kleinheit der Masse der Ionen in den Kathodenstrahlen oder der Grösse der Ladungen oder beiden Umständen gleichzeitig angeschrieben werden.

Dass die Träger der Ladungen in den Kathodenstrahlen thatsächlich klein sind, im Verhältnis zu den Molekülen, wird durch Versuche von Lenard wahrscheinlich gemacht.

Philipp Lenard, ein Schüler von Hertz, jetzt Professor in Kiel, hat eine Reihe bemerkenswerter Versuche über den Durchgang von Kathodenstrahlen durch dünne Blättchen angestellt.

In den von Lenard gemachten Versuchen, und in allen bis jetzt von mir genannten, endigen die Kathodenstrahlen in unseren Entladungsröhren dort, wo sie die Glaswand treffen; sie unterscheiden sich hierin von den Lichtstrahlen, welche viele feste Körper zu durchdringen vermögen. Was wird jedoch geschehen, wenn die Wand der Röhre für Kathodenstrahlen durchlässig gemacht wird? Diese Frage zu beantworten, erschien Lenard nicht mehr unmöglich, nachdem Hertz gefunden hatte, dass dünne Metallblättchen für Kathodenstrahlen durchdringbar seien. Unter einer grossen Anzahl von Aluminiumblättchen von verschiedener Dicke gelang es eins zu finden, welches gerade stark genug war, um dem einseitigen Druck der Atmosphäre auf eine kleine Fläche zu widerstehen, welches ohne Öffnungen und doch nur achtmal so dick war, wie die Aluminiumfolie des Handels. Dieses Blättchen war geeignet, um einen für Kathodenstrahlen durchdringbaren luftdichten Schluss einer Entladungsröhre zu bilden und den Kathodenstrahlen den Weg, entweder in die freie Atmosphäre oder in ein beinahe vollständiges Vacuum, in welchem man sie nicht direkt zu stande bringen kann, zu bahnen. Es ergab sich aus Versuchen mit einem phosphoreszierenden Schirm, dass die Kathodenstrahlen sich in verdünnter Luft auf Abstände von mehreren Centimetern im Vacuum bis zu verschiedenen Metern fortpflanzen. Ich erinnere mich noch des tiefen Eindruckes, welchen diese Versuche auf mich machten, als ich 1893 den Vorzug hatte, dieselben bei Lenard zu sehen.

Aber, was uns hier besonders interessiert, ist der Umstand, dass die Kathodenstrahlen sich in Gasen nicht geradlinig, sondern diffus fortpflanzen. Die Gase verhalten sich Kathodenstrahlen gegenüber wie trübe Medien. Jedes Molekül scheint als ein besonderes Hindernis zu wirken. Es ist sehr bemerkenswert, dass hierbei nur die Masse der Moleküle und keine andere Eigenschaft in Betracht kommt. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Teilchen in den Kathodenstrahlen ausserordentlich klein sind im Vergleich mit den Atomen und dass also dadurch der hohe Wert des mehrmals genannten Verhältnisses erklärt werden muss.

Eine ganz andere Erscheinung bestätigt diese Behauptung. Hertz, der ebensosehr zu den scharfsinnigsten Beweisführungen, als auch zur Wahrnehmung von beinahe unmerkbaren Erscheinungen befähigt war, fand im Anfang seiner berühmten Untersuchungen im Jahre 1887, dass ein elektrischer Funke leichter überspringt, wenn er durch ultraviolettes Licht bestrahlt wird, als wenn letzteres fehlt. Hallwachs, Righi, Elster und Geitel gelang es, diese Erscheinung unter ziemlich einfachen Versuchsbedingungen zu erforschen.

Es ergab sich, dass eine frischpolierte Zinkplatte mit einer negativen Ladung (es ist schon wieder die negative Ladung, die sich eigenartig verhält) die Ladung schnell verliert, wenn ultraviolettes Licht darauf fällt; eine Oberfläche mit positiver Elektrizität erfährt keine Veränderung unter den gleichen Bedingungen, und eine ungeladene Platte ladet sich positiv. Die Quelle des ultravioletten Lichtes kann entweder eine Bogenlampe, oder brennendes Magnesium, oder ein Induktionsfunken zwischen Zink- oder Cadmiumpolen, oder selbst das an ultraviolette Strahlen nicht sehr reiche Sonnenlicht sein.

Besonders Elster und Geitel in Wolfenbüttel haben mit grossem Erfolge diese Untersuchungen fortgesetzt. Aus ihren Versuchen über den Einfluss des Magneten auf die Erscheinung ergab sich, dass besonders bei niedrigen Drucken die Geschwindigkeit, mit der die Elektrizität entwich, abnahm, sobald ein magnetisches Feld erregt wurde. Nachdem dieser Einfluss gefunden war, hatte man einen neuen Wegweiser, um in den Mechanismus der Erscheinung einzudringen. Durch die Arbeiten der früheren Forscher war man schon zu der Vermutung gedrängt worden, dass ebenso wie bei den Kathodenstrahlen auch hier negative Elektrizität durch geladene Träger, durch Ionen, fortgeführt wird. Der Einfluss des magnetischen Feldes konnte vielleicht jetzt, ebenso wie früher bei den Kathodenstrahlen, diese Vermutung bestätigen.

Wie früher bei den Kathodenstrahlen, muss auch hier wieder die Bahn der Teilchen unter dem Einfluss der magnetischen Kraft verändert werden.

Man denke sich zwei parallele Metallplatten, von denen die eine grösser ist als die andere, und die grössere in der Mitte durchlocht, um ultraviolettes Licht hindurchzulassen.

Wird nun der kleinen Platte eine negative Ladung erteilt, dann werden unter dem Einfluss des ultravioletten Lichtes die negativ geladenen Teilchen in der Richtung senkrecht zur Platte sich entfernen und sich unter dem Einfluss der elektrischen Kraft zwischen den Platten fortbewegen. Lässt man nun eine magnetische Kraft senkrecht zur Richtung der elektrischen Kraft einwirken, dann werden die Teilchen sich fortwährend unter dem Einfluss dieser zwei Kräfte bewegen. Hierdurch wird auch die Bahn der Teilchen eine andere, als bei den Kathodenstrahlen, wo nur die magnetische Kraft auf die

Ionen, die einmal eine konstante Geschwindigkeit erlangt haben, wirkt. Könnte man in dem eben besprochenen Fall die Bahnen der Teilchen wahrnehmen, dann würde man Linien sehen, die etwas Ähnlichkeit besitzen würden mit in Richtung der Platten auseinandergehenden halben Kreisen, die in der Wissenschaft Cykloiden genannt werden. Befinden sich die Platten nicht zu dicht bei einander, dann können die Teilchen die geladene Platte verlassen, ihre Bahnen beschreiben und wieder auf die eigene Platte zurückkommen. Die Ladung der Platte wird, trotzdem sie durch das ultraviolette Licht beschienen ist, sich unter dem Einfluss der passend gewählten magnetischen Kraft nicht verändern. Befinden sich die Platten jedoch sehr dicht bei einander, dann werden die Ionen auch bei Anwesenheit des Magnetfeldes nach der zweiten Platte herüberfliegen können, aber jetzt in gekrümmten Bahnen. Dadurch, dass man den Abstand misst, bei welchem bei gegebenen Werten der elektrischen und magnetischen Kraft die Elektrizität gerade noch auf die Platte, von der sie ausgeht, zurückkehrt, und wobei die zweite Platte also gerade nicht mehr die Spitzen der Ionenbahnen streift, erhält man ein wichtiges Resultat. Auf Grund dieses Versuches ist es mit Hilfe einer leichten Rechnung nämlich möglich, falls auch die anderen in Betracht kommenden Grössen gemessen sind, abzuleiten, wie gross wieder das Verhältnis der Ladung zu der Masse der Teilchen ist.

Erst unlängst wurden durch J. J. Thomson die Ergebnisse dieser eben skizzierten Untersuchung veröffentlicht.[1]) Für die Ionen, welche die negative Elektrizität bei der Bestrahlung durch ultraviolettes Licht übertragen, war merkwürdigerweise die Ladung im Verhältnis zur Masse wieder die sehr grosse Zahl, welche bei den Kathodenstrahlen gefunden war.

Aufs neue drängt sich wieder die Frage auf, wie dieses Resultat erklärt werden muss, durch die grosse Ladung oder durch die kleine Masse.

J. J. Thomson war so glücklich, auf diese Frage eine ziemlich sichere Lösung zu finden. Das Prinzip seiner Methode war äusserst einfach.

Die Ionen, welche bei Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte unter dem Einfluss der negativen Elektrizität sich fortbewegen, führen in einer gegebenen Zeit eine leicht messbare Elektrizitätsmenge über. Diese hängt von der Ladung der Teilchen, von ihrer Anzahl und ihrer Geschwindigkeit ab. Rutherford bestimmte die letztere schon vor längerer Zeit, sodass nur noch eine Methode gefunden zu werden brauchte, welche die Anzahl der Ionen zu bestimmen erlaubte, um auch die Ladung in einem Ion zu ermitteln.

Gerade im rechten Augenblick (ca. 1898) fand C. T. R. Wilson in Thomsons Laboratorium solch eine Methode durch seine Entdeckung, dass die genannten Ionen unter günstigen Bedingungen nebelbildend wirken. In staubfreier Luft und bei einem bestimmten Grad von Übersättigung des Wasserdampfes kann jedes Ion der Kern eines Wassertropfens in dem Nebel werden, und die Anzahl dieser Tropfen ist leicht zu finden. J. J. Thomsons Messungen lieferten nun das Resultat, dass diese Ionen ungefähr dieselbe Ladung wie die Wasserstoffatome in einem Elektrolyten haben. Hierdurch ergab sich unzweideutig, dass die Ionen, welche die Ladung einer mit ultraviolettem Licht bestrahlten Zinkplatte unter niedrigem Druck wegführen, eine ungefähr tausendmal kleinere Masse als die Sauerstoffatome besitzen.

Auch für eine dritte Art von Ionen, welche nach Elster und Geitel von einem negativ geladenen glühenden Kohlenfädchen in das Vacuum ausgesandt werden, findet J. J. Thomson, dass die Verhältniszahl denselben grossen Wert annimmt.

So führen denn die Erscheinungen bei den Kathodenstrahlen, bei der Bestrahlung einer negativ geladenen Platte mit ultraviolettem Licht, bei einem glühenden Kohlenfaden uns zu der Überzeugung, dass neben den Atomen der Chemie noch eine andere Art von Atomen (mit negativer Ladung) existiert, deren Masse viele, ja vielleicht tausendmal kleiner ist, als die der Wasserstoffatome.

Man kann also wohl sagen, dass Faradays Prophezeiung von der grossen Bedeutung, welche das Studium der Entladungen erlangen würde, sich ihrer Erfüllung nähert.

Aber schon einige Jahre, bevor das Experiment die besonderen Eigenschaften dieser kleinen Ionen uns kennen lehrte, war ihnen Platz in der Theorie durch H. A. Lorentz schon angewiesen. In Lorentzs Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen wird angenommen, dass sich in allen Körpern Ionen befinden, und dass alle elektrischen und optischen Erscheinungen auf der Lage und Bewegung solcher Ionen beruhen. Für die Elektrolyten war schon lange diese Auffassung allgemein angenommen worden; dieselbe wurde auch behufs Erklärung der Leitung der Elektrizität in Gasen von verschiedenen Naturforschern verteidigt. Lorentzs Theorie musste es natürlich den weiteren experimentellen Untersuchungen überlassen, zu entscheiden, ob die elektrolytischen oder andere Arten von Ionen bei den optischen Erscheinungen wirken. Dass bei der Ausstrahlung einer Flamme nicht die elektrolytischen, sondern andere Ionen schwingen, wurde im Lichte von

1) Vgl. diese Ztschr. 1, 20, 1899.

Lorentz's Theorie durch Versuche bewiesen, welche ich 1896 in Prof. Kamerlingh Onnes Laboratorium ausführte.

Unter gewöhnlichen Umständen besteht das Spektrum von Natriumdampf hauptsächlich aus zwei hellen gelben Linien. Dank der schönen Erfindung von Rowland besitzt man gegenwärtig in dem Konkavgitter ein Spektroskop, welches noch äusserst geringe Veränderungen in der Art des ausgesandten Lichtes und damit in dem Verhalten der Spektrallinien wahrzunehmen erlaubt. Wurde zwischen den Polen eines starken Elektromagneten eine Natriumflamme gestellt, dann waren, solange ein Strom die Windungen durchlief, die Natriumlinien nicht mehr fein und scharf, sondern breiter, sowohl nach der roten als auch nach der violetten Seite des Spektrums. In einem magnetischen Felde wurden also, wie diese und andere Kontrollversuche zeigten, ausser den ursprünglichen Schwingungen andere mit einer etwas grösseren und einer etwas kleineren Schwingungszeit ausgesandt. Diese Erscheinung konnte nicht nur leicht mit Hilfe von Lorentzs Theorie erklärt, sondern es konnten sogar äusserst wichtige Einzelheiten vorhergesagt werden, wenn eine einfache Vorstellung über die ausstrahlenden Atome angenommen wurde. Für einen Stoff mit einer Spektrallinie reicht die Annahme aus, dass in jedem Atom der Flamme sich ein bewegliches Ion befindet — zwar nicht so beweglich wie die freien Ionen, welche wir in den Kathodenstrahlen kennen gelernt haben —, welches aber von einer nach allen Richtungen gleichmässig wirkenden Kraft proportional dem Abstande aus der Gleichgewichtslage zurückgezogen wird, wenn es daraus entfernt wird. Das Ion kann nun hin- und herschwingen um die Gleichgewichtslage und weil es mit Elektrizität beladen ist, besitzt es genügende Macht über den Äther, um diesem seine Bewegung mitzuteilen und im Äther Schwingungen zu erzeugen, die, wenn sie nur schnell genug geschehen, von uns als Licht wahrgenommen werden.

In einem magnetischen Felde wirkt nun auf das Ion noch eine neue Kraft, und zwar die, welche die Bahn der Kathodenstrahlen im magnetischen Felde krümmt und die, wie bereits erwähnt, in einfacher Weise von der Geschwindigkeit des sich bewegenden Ions und der Stärke der magnetischen Kraft abhängt. Durch Berechnung kann man genau verfolgen, welche Bewegung das Ion unter dem Einfluss dieser Kraft ausführen und welche Lichtbewegung jetzt wahrgenommen werden muss.

Das theoretische Ergebnis, dass jede Spektrallinie durch drei Linien ersetzt werden muss, die in besonderer Art polarisiert sein müssen, ist durch den Versuch zuerst bei Cadmium — beim Natrium waren die Linien nicht fein genug — vollkommen bestätigt worden. Weitere Einzelheiten stimmten mit der Theorie ebenfalls überein. So war eine neue Stütze für die Behauptung gefunden worden, dass Elektrizität sich an Tausenden von Stellen befindet, wo wir ihre Anwesenheit höchstens vermuteten. In jeder Flamme, in jeder Lichtquelle sehen wir nun die elektrischen Teilchen schwingen, und unser Auge dient thatsächlich zur Wahrnehmung von elektrischen Bewegungen. Aus der Grösse der Veränderung der Spektrallinien konnte mit Hilfe von Lorentzs Theorie für die Linien, auf welche die eben skizzierte Theorie angewandt werden konnte, wieder das Verhältnis der Ladung zu ihrer Masse abgeleitet werden. Es war sicher 1896 sehr unerwartet, dass dafür (wenigstens der Ordnung nach) dieselbe grosse Zahl gefunden wurde, die später bei anderen Erscheinungen an den Tag kommen sollte. Auch konnte aus den Untersuchungen geschlossen werden, dass die Ladung der schwingenden Teilchen negativ war.

Wir können also wohl nicht mehr daran zweifeln, dass dies negative Ion eine fundamentale Rolle in allen elektrischen Theorieen spielen muss. Vielleicht ist es selbst die fundamentale Grösse, mit deren Hilfe alle elektrischen Prozesse ausgedrückt werden können, denn seine Masse und Ladung scheinen unveränderlich zu sein und auch unabhängig von den elektrischen Vorgängen, durch die, und unabhäng von dem Stoff, aus dem es entsteht. Man kann sich jetzt auch nicht wundern, dass von Physikern versucht worden ist, die Beziehung zwischen diesen kleinen Ionen der Licht- und Kathodenstrahlen und den älteren Atomen der anderen Teile der Physik und der Chemie aufzufinden. Die Atome der Chemie müssten aus den kleinen Ionen, die wir kennen gelernt haben, aufgebaut sein, und bei dem Vorgang, bei welchem Kathodenstrahlen entstehen, würden ein oder zwei Ionen von jedem Atom abgetrennt. Die Atome würden nicht mehr eine unveränderliche Masse haben. Aber wir gelangen so allzusehr in das Gebiet der Vermutungen, die zwar mehr oder weniger wahrscheinlich, aber doch nur Vermutungen sind. Nicht zu lange soll sich der Forscher solchen Träumen hingeben, sondern durch das gewonnene Resultat ermutigt, neue Untersuchungen beginnen.

Das experimentelle Studium der Strahlungserscheinungen unter den verschiedensten Bedingungen wird wahrscheinlich in mehr als einer Richtung wichtige Bausteine für unsere Kenntnis der Natur liefern. Es wird mein Streben sein, im physikalischen Laboratorium zu diesen Untersuchungen aufzumuntern, die so nahe verwandt sind mit den letzten Fundamenten, worauf die Welt gebaut ist.

(Aus dem Holländ. übersetzt von G. C. Schmidt-Eberswalde.)

(Eingegangen 13. Juli 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

B. Weinberg, Die Schmelzung und die Krystallisation nach den Untersuchungen von G. Tammann. 15 Seiten.

Da die festen Körper nach ihrer inneren Reibung und Deformationsfähigkeit nur graduell von den Flüssigkeiten verschieden sind, so sind kontinuierliche Übergänge beider Aggregatzustände denkbar und werden mehrfach als analog den beiden anderen Aggregatzuständen angenommen.

Welchen der beiden in Frage stehenden Zustände ein Stoff gegebenenfalls angehört, lässt sich entweder nur bei Kenntnis seiner Vorgeschichte oder, bei Koexistenz der beiden Phasen, sicher entscheiden. In letzterem Falle ist die Diskontinuität des Überganges das charakteristische, und es ist die Frage, ob bei Veränderungen von Druck und Temperatur die Diskontinuitäten verschwinden können. An der Hand einer körperlichen Figur und eines Kurvendiagrammes wird die Tammannsche Diskussion der bekannten thermodynamischen Beziehung

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T}{r}(v - v')$$

wiedergegeben, in der T, P, r, $v - v'$ resp. Temperatur, Druck, Schmelzwärme und spezifische Volumdifferenz fest-flüssig bedeuten. Die Diskussion ergiebt für die Grenzkurve fest-flüssig eine geschlossene Form, die von den Vorzeichen von r und $(v - v')$ abhängt. $\frac{\partial r}{\partial T}$ ist positiv, da die spezifische Wärme der Flüssigkeit erfahrungsgemäss stets grösser als die des festen Stoffes ist. $\frac{\partial(v - v')}{\partial P}$ ist zunächst negativ, da die Kompressibilität der Flüssigkeiten grösser als die der festen Phasen ist; Tammann nimmt an, dass dies bis über den Punkt gültig ist, wo $v - v' = 0$ ist, d. h. Flüssigkeit und fester Stoff ohne Volumänderung, jedoch mit Wärmetönung in einander übergehen. An diesem Punkt hat die P, T-Kurve ein Maximum, da $\frac{\partial T}{\partial P} = 0$. Die Fortsetzung der Kurve wird durch $\frac{\partial r}{\partial T}$ bestimmt, welches bei sinkendem T (jenseits des Maximums) zu einem Punkt $r = 0$ führt, woselbst $\frac{\partial T}{\partial P} = \infty$ wird, die Kurve also umkehrt. Weitere analoge Überlegungen zeigen, dass die Kurve geschlossen wird. Für diese weit extrapolierten, daher etwas unsicheren Annahmen folgt also, dass es unter allen Umständen, sowohl hohe wie niedrige Drucke und Temperaturen giebt, bei welchen der feste Aggregatzustand der instabile ist, oder dass im allgemeinen ein durch Temperaturerniedrigung (oder Druckerhöhung) erstarrter Körper bei weiterer Abkühlung (oder Drucksteigerung) wieder flüssig werden sollte, soweit die Kurve nicht in die physikalisch-imaginären Gebiete negativer Temperaturen oder Drucke fällt.

Die experimentelle Ermittlung dieser zweiten Schmelzpunkte scheitert an der äusserst langsamen Umwandlung in dem stabilen Zustand bei tiefen Temperaturen, doch erscheint es möglich die bei tiefen Temperaturen stabilen amorphen Zustände herzustellen, wenn auch ohne ihre Stabilität zu erkennen, da, ebenfalls nach Tammanns Untersuchungen, die Krystallisationsgeschwindigkeit unterkühlter Schmelzen durch ein Maximum stärkerer Unterkühlungen auf sehr kleine Beträge sinkt.

Bei seinen Schmelzdruckuntersuchungen hat Tammann wenigstens einen Teil seiner theoretischen Folgerungen z. B. bei den Übergängen der allotropen Modifikationen des Eises zur Beobachtung bringen können.

Die Originalabhandlungen Tammanns werden unserem Leserkreis in den letzten Jahrgängen der Annalen der Physik von Wiedemann und von Drude und in der Ostwaldschen Zeitschrift leicht zugänglich sein, doch ist die vorliegende Zusammenfassung für einen kurzen Überblick wohl geeignet. R. Abegg.

(Eingegangen 20. August 1900.)

E. Carvallo. Über die Theorien und Formeln der Dispersion. 26 Seiten.

Das Referat zerfällt in 3 Teile. Im ersten Teile werden die Erfahrungssätze der Optik und die Grundbegriffe der Undulationstheorie dargelegt. Obwohl der Verfasser die Vorzüge der elektromagnetischen Lichttheorie anerkennt, gebraucht er die Sprache der elastischen Theorie. Um die Dispersion zu erklären, muss man 2 Medien annehmen, den Äther, der die Lichtbewegung fortpflanzt, und die Materie. Für die Wechselwirkung von Materie und Äther nehmen die verschiedenen Theorien der Dispersion verschiedene Gesetze an. Bevor der Verfasser zur Erörterung dieser Theorien über-

geht, bespricht er die experimentellen Gesetze der Dispersion. Er unterscheidet 3 Gruppen von Substanzen. Die Dispersion der Substanzen der ersten Gruppe wird mit genügender Genauigkeit durch die Formel dargestellt:

$$\text{(I)} \quad \frac{1}{n^2} = c' l^4 + c l^2 + a - b \cdot l^{-2} - b' l^{-4},$$

in der n den Brechungsindex, l die in der betreffenden Substanz gemessene Wellenlänge bezeichnet; die hierher gehörigen Körper weisen keine Absorptionsstreifen auf. Die Körper der 2. Gruppe besitzen schmale Absorptionsstreifen und anomale Dispersion. Die Dispersion der Natriumflamme beispielsweise wird durch die Formel dargestellt

$$\text{(II)} \qquad n^2 = a + \frac{b_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{b_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2};$$

λ ist die Wellenlänge der betreffenden Farbe im leeren Raume, λ_1, λ_2 sind die Wellenlängen der Linien D_1 und D_2. Bei Substanzen, die mehr als 2 Absorptionslinien aufweisen, ist die Formel durch analoge Glieder zu ergänzen.

Die Körper der dritten Klasse endlich besitzen breite Absorptionsbanden; ausserhalb der Bande nimmt stets der Brechungsindex ab mit wachsender Wellenlänge. Hier gilt die Dispersionsformel

$$\text{(III)} \qquad n^2 = a + \frac{b\lambda + c}{(\lambda^2 - a)^2 + \beta^2}.$$

Natürlich sind diese drei Gruppen nicht streng geschieden. Man kann vielmehr z. B. die Formel I aus II ableiten, indem man die Wellenlängen λ_1, λ_2 ins ultrarote und ultraviolette Gebiet rücken lässt.

Was nun die vorgeschlagenen Theorieen anbelangt, so nehmen die älteren Theorieen an, dass die ponderable Materie ruht. Die Dispersion wird dann entweder, nach Cauchy, dadurch erklärt, dass der Radius der Wirkungssphäre der Moleküle nicht gegen die Wellenlänge des Lichtes verschwindet, oder nach Briot, dadurch, dass der Abstand zweier Moleküle nicht mehr gegen die Wellenlänge zu vernachlässigen ist, die Dichte somit nicht als konstant angesehen werden darf. Die Boussinesqsche Theorie lässt die Voraussetzung ruhender Materie fallen; das Gesetz der Wechselwirkung von Äther und Materie lässt sie unbestimmt. Sie nimmt an, dass die Elongation ξ_1 der Materie in einem Punkt von der gleichzeitigen Elongation (ξ) des Äthers im umgebenden Raume abhängt, d. h. dass eine Beziehung besteht

$$\xi_1 = A\xi + B\frac{d^2\xi}{dz^2} + B'\frac{d^4\xi}{dz^4} + \ldots\ldots$$

Die Sellmeiersche Theorie nimmt die Kraft, die zwischen Äther und Materie wirkt, der Differenz ($\xi_1 - \xi$) der Elongationen proportional an. Sie gelangt so zu einer befriedigenden Erklärung der anomalen Dispersion. Die Schwierigkeit, dass die Elongation der Materie für die Wellenlängen, welche den Eigenschwingungen entsprechen, unendlich werden, vermeidet die Helmholtzsche Theorie durch Einführung von Reibungsgliedern.

Diese Theorie lässt sich in der Weise ergänzen, dass die Dispersion aller drei Gruppen befriedigend dargestellt wird.

Auf die neueren Untersuchungen, welche, von der elektromagnetischen Theorie ausgehend, die optischen Konstanten zu den elektrischen in Beziehung setzen, geht das Referat nicht ein. Es schliesst mit einer Anleitung zur Berechnung der Konstanten aus der experimentell ermittelten Dispersionsformel.

Dr. M. Abraham.

(Eingegangen 22. August 1900.)

H. Abraham, Über die Messung der Geschwindigkeit v. 21 Seiten.

Nach einer Definition der Grösse v und der Hervorhebung der grossen naturphilosophischen Bedeutung einer genauen Kenntnis ihres zahlenmässigen Wertes geht der Verfasser zu einer Besprechung der verschiedenen Methoden über, die benutzt wurden, um v zu bestimmen. Seine Beschreibung geht mit einer eingehenden und scharfen Kritik Hand in Hand. Er teilt diese Methoden ein in

1. die Methode der Elektrizitätsmengen,
2. die Methode der elektrischen Schwingungen,
3. die Methode der Kapazitäten,
4. die elektrometrischen Methoden.

I. Die Methode der Elektrizitätsmengen.

Die ältesten Versuche sind diejenigen von Weber und Kohlrausch (1856). Die Genauigkeit dieser Messungen leidet durch die Rückstandladungen der benutzten Leydner Flaschen, sowie durch andere, vom Verfasser besprochene Faktoren. Den nach der nämlichen Methode 1879 von Rowland ausgeführten Versuchen wirft Verfasser vor, dass bei ihrer Berechnung auf die Kapazität der Drähte, welche den Kondensator mit den anderen Instrumenten verbanden, keine Rücksicht genommen wurde.

II. Die Methode der elektrischen Schwingungen.

Er bespricht die Methoden von Colley (Wied. Ann. 28. 1886), Webster (Phys. Review 6. 1898), sowie von Lodge und Glazebrook

(Stokes Commemoration, Cambridge 1899, Trans of Cambr. Philos. Soc. XVIII).

III. Die Methode der Kapazitäten.

Den 1879 ausgeführten Versuchen von Ayrton und Perry (Phil. Mag. 5. serie VII. 1879) wirft Verfasser wiederum vor, die Kapazität der Zuleitungsdrähte des Kondensators nicht berücksichtigt zu haben. Nach Erwähnung der Versuche von Hockin (Rep. Brit. Ass. 1879) und Stoletow geht er über zu den Versuchen von Klemenčic (Wien. Ber. 84. 1881, desgl. 89. 1884, und 93. 1886) als deren wichtigste er die 1884 veröffentlichten ansieht. Die Genauigkeit dieser Versuche will er jedoch nicht höher als 1 Prozent schätzen, indem er die Berechnung der Standardkapazität nicht für frei von systematischen Fehlern ansieht.

Die nach der gleichen Methode angestellten Versuche von Himstedt (Wied. Ann. 29. 1887; 33. 1888; 35. 1888) leiden nach der Meinung Abrahams an drei Hauptfehlerquellen 1. ist ähnlich, wie von Klemenčič, der Abstand der Kondensatorbelege gleich der Dicke der Glaszwischenschicht angenommen worden. Thatsächlich ist der Abstand grösser, und der dadurch hervorgerufene Fehler kann bis zu 1 pro mille betragen. Weiter glaubt er, dass die Korrektur, die Himstedt für die Vergrösserung der Kapazität des Kondensators im elektrischen Felde einführt, wahrscheinlich zu gross ist. Dann vermutet er, dass infolge der grossen Schwingungszahl der benutzten Stimmgabel (bis zu 100 pro Sek.) die Ladung und Entladung des Kondensators keine vollständige ist und dass trotz der Übereinstimmung der bei verschiedenen Geschwindigkeiten gemachten Messungen eine bis zu 1 pro mille betragende Korrektur einzufügen wäre. Alle diese Fehlerquellen neigen zur Auffindung eines zu grossen Wertes von v.

Der Besprechung der Versuche von Rosa (Phil. Mag. 28. 1889) folgt die der Messungen von J. J. Thomson und Searle (Phil. Trans. 1890). Auch an diesen Versuchen hat Verfasser vor allem die Unsicherheit in der genauen Messung des Abstandes der beiden Kondensatorbelegungen auszusetzen. Nach einer Besprechung seiner eigenen Versuche (Ann. de Chim. et de Phys. 27. 1892) geht Verfasser über zu den

IV. Elektrometrischen Methoden.

Den 1868 ausgeführten Versuchen von Maxwell (Phil. Trans. 1868) folgen die Untersuchungen von Thomson und King (B. A. Rep. 1869), Mc. Kichan (Phil. Mag. 47. 1874), Shida (Phil. Mag. 10. 1880) und Thomson, Ayrton und Perry (Elektr. Rev. 23). Allen diesen Untersuchungen kann Verfasser keine grosse Genauigkeit zuerkennen. Er erwähnt dann weiter noch die Versuche von Exner (Wien. Ber. 96. 1882), Pellat (Journ. de Phys. 10. 1891), Hurmuzescu (Ann. de Chim. et de Phys. 10. 1897), sowie von Pérot und Fabry (Ann. de Chim. et de Phys. 13. 1898). Zu letzteren Versuchen bemerkt er, dass im Gegensatz zur Annahme der beiden Experimentatoren das elektrochemische Äquivalent des Silbers nicht gleich 1 zu sein scheint, sondern unter gewissen Umständen bis zu 1 pro mille betragende Veränderungen erleiden kann. Auch scheint ihm die Berechnung der Konstante des absoluten Elektrometers nicht fehlerfrei zu sein.

Er giebt schliesslich eine Zusammenstellung der sieben nach seinem Dafürhalten besten Bestimmungen, aus den er das Mittel zieht

$$v = 3{,}0001 \cdot 10^{10},$$

welchen Wert er als auf Eintausendel genau hält.

Verfasser hofft, dass neue Bestimmungen von v ausgeführt werden, indem er betont, dass die Genauigkeit aller Methoden einer Erhöhung fähig ist. S. Guggenheimer.

(Eingegangen 25. August 1900.)

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1900/1901.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik I; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium, a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Mechanische Wärmetheorie; Physikalische Technik; Experimentalphysik, encyklopädischer Kurs. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen. — **Polis**: Meteorologie; Übungen im meteorologischen Observatorium im Stadtgarten; Meteorologische Technik. — **Grotrian**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus; Theoretische Elektrotechnik; Elektrotechnisches Praktikum, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen; Elektrische Konstruktionsübungen, Elektrische Bahnen. — **Danneel**: Elektrochemie I; Repetitorium der Elektrochemie. — **Jürgens**: Höhere Mathematik II mit Übungen; Mathematisches Seminar; Versicherungsmathematik. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Graphische Statik. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik I mit Übungen; Mathematische Einleitung in die Maxwellsche Elektrizitätstheorie. — **Sommerfeld**: Mechanik I und II. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I und II; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen. — **Junkers**: Arbeiten im maschinentechnischen Laboratorium. — **Köchy**: Lokomotivbau II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente. — **Lüders**: Maschinenkunde (für Berg- und Hütteningenieure) 1. und 2. Kurs. — **Lynen**: Maschinenbau; Maschinenkonstruieren, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre II; Kinematik. — **Vater**: Encyklopädische Maschinenlehre; Maschinenzeichnen; Heizung und Lüftung der Gebäude. — **Werner**: Praktische Geometrie; Geodätisches Praktikum I und II; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie; Eisenbahn-Tracieren. — **Borchers**: Lötrohrprobierkunst; Elektrometallurgie; Anleitung zum Entwerfen metallurgischer und elektrometallurgischer Apparate und Anlagen; Anleitung zu selbständigen metallurgischen und elektrometallurgischen Arbeiten. —

Bredt: Chemie des Benzols und des Pyridins; Organisches Praktikum; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie. — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie; Massanalyse; Experimental-Chemie encyklopädischer Kurs; Anorganisches Praktikum; Praktikum für qualitative und quantitative Analyse; Spezielle analytische Methoden: Quantitative Analyse durch Elektrolyse, Mass-, Gas-, Spektralanalyse; Darstellung anorganischer Präparate; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf den Gebieten der analytischen und anorganischen Chemie; Elektrotechnisches Praktikum; Darstellung von Chemikalien mittels Elektrolyse, Galvanoplastik u. s. w.; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie. — **Dürre**: Eisenhüttenkunde; Anleitung zu metallurgischen Versuchen. — **Haussmann**: Praktische Instrumentenkunde. — **Stahlschmidt**: Technische Chemie; Entwerfen von chemischen Fabrikanlagen; Chemisch-technisches Praktikum. — **Rau**: Technologie der Brennstoffe I; Wärmetechnik; Technologie der Brennstoffe IV: Steinkohlen-Destillation; Entwerfen von industriellen Feuerungsanlagen. —

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik II: Licht, Wärme und Elektrizität, 6; Die Begriffe der Mechanik in der Physik, 1 *g.* — **Veillon**: Demonstration der elektrischen Schwingungen, 2 *g.* — **Kinkelin**: Differential- und Integralrechnung I, 3; Partielle Differentialgleichungen, 2; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Mathematische Übungen im Seminar, 1. — **v. d. Mühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g.* — **Riggenbach**: Stellar-Astronomie und Astrophysik, 2. — **Hurwitz**: Ausgewählte Kapitel aus der Funktionenlehre, 2; Algebraische Analysis, 2 *g.* — **Piccard**: Organische Chemie, 5; Analytische Übungen (mit Fichter), 9; Organisches und anorganisches Vollpraktikum (mit Fichter), tägl. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g.* — **Kahlbaum**: Allgemeine physikalische Chemie II, $1^1/_2$; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übungen, 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Die Methoden der organischen Synthese, 2; Organisches Vollpraktikum (mit Nietzki); Chemisches Kränzchen (mit Nietzki). — **Fichter**: Elektrochemische Reaktionen, 1 *g*; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g.* —

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, dazu mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium, a) für Geübtere, tägl., b) für Anfänger (mit Blasius), 7, c) für Pharmazeuten (mit Starke), $3^1/_2$. — **Planck**: Allgemeine Mechanik, 4; Übungen in der analytischen Mechanik, 1 *g.* — **Neesen**: Elementare Mechanik, 1 *g.* — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik V: Theorie der Wärme und damit Verwandtes, 4, Übungen, 1 *g.* — **du Bois**: Absolutes Masssystem in der gesamten Physik, 1; Besprechung physikalisch-technischer Fragen, 1 *g.* — **Weinstein**: Physik des Weltalls, 1 *g*; Thermodynamik, 4. — **v. Wesendonk**: Ausgewählte Kapitel der Thermodynamik, 1 *g.* — **Raps**: Anwendungen der Elektrizität (mit Demonstrationen), 1. — **Starke**: Elektrische Wellen, 1 *g.* — **Aschkinass**: Beziehungen des Lichtes und verwandter Strahlungsarten zur Elektrizität und zum Magnetismus, 1 *g.* — **Pringsheim**: Interferenz und Polarisation des Lichtes, $1^1/_2$ *g.* — **Behn**: Grundlagen und Anwendung der Photographie, 1. — **Blasius**: Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Anfänger (mit E. Warburg), 7, Übungen, 1 *g*; Physikalischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **v. Bezold**: Allgemeine Meteorologie, 2; Zeit- und Streitfragen der Meteorologie und der Physik der Erde, 1 *g*; Kolloquium, 1 *g*; Übungen im meteorologischen Institut, tägl. — **Less**: Jeweilige Witterungsvorgänge, 1 *g*; Grundzüge der landwirtschaftlichen Klimalehre, 1 *g.* — **Assmann**: Meteorologische Instrumente und Beobachtungen, 1. — **Will**: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, 1 *g.* — **Jahn**: Einleitung in die theoretische Chemie, 1 *g*; Experimentelle und theoretische Elektrochemie, 4. — **P. Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Landolt**: Allgemeine und physikalische Chemie, 4; Praktische Übungen im zweiten chemischen Universitätslaboratorium, tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten (mit Jahn), tägl. — **Fock**: Elemente der physikalischen Chemie, 1; Chemische Krystallographie, 1. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel d. physikalischen Chemie, 1 *g.* — **Meyerhoffer**: Lehre vom chemischen Gleichgewicht I, 1. — **R. J. Meyer**: Die Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung der Körper, 1 *g*; Qualitative chemische Analyse, 1; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Rosenheim), tägl. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **E. Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im ersten chemischen Universitätslaboratorium (mit Gabriel und Harries), tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6. — **Buchner**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule, ganz- oder halbtägig. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktisch-chemische Übungen im organischen Laboratorium, tägl.; Kolloquium über Themata aus der organischen Chemie, 1 *g.* — **Harries**: Organische Experimentalchemie, 4. — **Reissert**: Die wichtigsten Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Rosenheim**: Kolloquium über anorganische Chemie, $1^1/_2$; Praktische Übungen in der Massanalyse, 3; Quantitative Analyse mit Experimenten, 2. — **Knoblauch**: Analytische Geometrie, 4; Bestimmte Integrale, 4; Mathematische Übungen für jüngere Semester, 1 *g.* — **Schwarz**: Differentialrechnung, 4, mit Übungen, 14 tg., 2; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 2 *g*; Variationsrechnung, 4; Mathematische Kolloquien, 14 tg., 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Hensel**: Integralrechnung, 4; Zahlentheorie, 4; Anwendung der Analysis auf Probleme der Zahlentheorie (mathematisches Kolloquium), 2 *g.* — **Hettner**: Fouriersche Reihen und Integrale, 2. — **Frobenius**: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Fuchs**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Lehmann-Filhés**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g.* — **Helmert**: Bestimmung der Figur der Erde, 1; Anwendung der kürzesten Linie auf die Geodäsie, 1 *g.* — **Förster**: Geschichte der Astronomie und kosmischen Physik, 4; Berücksichtigung der atmosphärischen Strahlenbrechung bei den astronomischen Messungen, 2 *g*; Übungen in der rechnerischen Bearbeitung von astronomischen Messungen, $1^1/_2$ *g.* — **Marcuse**: Allgemeine Himmelskunde, mit Projektionsbildern, $1^1/_2$; Einführung in die Theorie und Praxis geographisch und nautisch-astronomischer Ortsbestimmungen, 2; Astronomische Übungen, 2. — **Bauschinger**: Mechanik des Himmels, ältere Theorie, 3; Chronologie, 1 *g*; Konstruktion und Gebrauch der Planetentafeln, $1^1/_2$ *g.* — **Scheiner**: Temperatur der Sonne, 1 *g*; Photometrie der Gestirne, 3. — **Battermann**: Astronomische Strahlenbrechung, 1. —

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimental-Physik, 4; Physikalische Übungen, 4; Desgl. für Praktikanten der chemischen Laboratorien, 2; Mathematische Physik, 2. — **Rubens**: Experimental-Physik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium: Physikalische Messungen, 4; Über sichtbare und unsichtbare Strahlen mit Demonstrationen, 2 *g.* — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2, Übungen *g*; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Über elektrische Schwingungen, 1. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2; Theorie und Berechnung von Gleichstrom-, Wechselstrom-, und Drehstrom-Dynamos und Motoren, 4. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im elektro-

technischen Laboratorium (mit Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Encyklopädische Elektrotechnik mit Einschluss der Elektrotelegraphie mit Experimenten, 3; Elektrotechnische Messkunde, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Klingenberg**: Elektromechanische Konstruktionselemente, 2, Übungen, 2; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3; Bau- und Betrieb von Gasmaschinen, 2. — **Rössler**: Elektrische Kraftübertragung, 2; Wechselstromtechnik, 4; Wärmemechanik, 2. — **Fr. Vogel**: Elektrische Verteilungs-Anlagen, 2. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Quantitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriss der technischen Gasanalyse, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Uebungen, 12; Lichtpausübungen. — **Traube**: Physikalische Chemie, 2. — **Josse**: Übungen im Maschinen-Laboratorium I, 1, Übungen I, 4; II, 6; III, 10. — **Hörmann**: Mechanische Technologie I, 2; II a: Mühlen und dergl., 4; Werkzeugmaschinen, 2. — **Kammerer**: Maschinenlehre, 2, Übungen, 6; Entwerfen von Hebemaschinen, Übungen, 4; Maschinenbau (mit Riedler): Kraftverteilung durch Dampf, Druckwasser, Elektrizität, 3, Übungen, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und Kinematik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2; Dynamische Theorie der Dampfmaschine, 2. — **Leist**: Mechanik I: Mechanik des Massenpunktes, Statik starrer Körper mit Anwendung auf die einfachen Maschinen und Baukonstruktionen, Statik elastischer Körper, einschliesslich Festigkeitslehre, 4, Übungen, 2; Mechanik II: Hydraulik, Dynamik, 4, Übungen, 2. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, 2; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen und Dampfkesseln, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; II, 4, Übungen, 2. — **G. Meyer**: Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Maschinenkunde I, 2, Übungen, 3, für Chemiker, 3. — **Reichel**: Maschinenelemente, 6, Übungen, 8. — **Riedler**: Maschinenbau (mit Kammerer): Maschinenanlagen, spezieller Dampfmaschinenbau, Berg- und Hüttenmaschinen, Wasserversorgung und Entwässerung, Fabrikanlagen, 3, Übungen, 4. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 4; Entwerfen von Dampfmaschinen, Übungen, 8; Entwerfen von Arbeitsmaschinen, Übungen, 4. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 4. — **Heyn**: Die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Verarbeitung mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie, 2. — **Brinkmann**: Konstruktion der Kriegsschiffe, 2, Übungen, 4. — **Flamm**: Theorie des Schiffes I, 2, III, 4; Zeichnen und Entwerfen von Schiffen I, Übungen, 6, II, Übungen, 4, III, Übungen, 4; Anleitung zum Entwerfen von Schiffen I, 2, II, 2, Abriss des Schiffbaues, 2. — **Görris**: Schiffskessel II, 2; Entwerfen von Schiffskesseln, 2, Übungen, 2; Schiffsmaschinen I, 4, II, 4; Entwerfen von Schiffsmaschinen, Übungen, 4. — **Kretschmer**: Einrichtungen der Kriegsschiffe, 2, Übungen, 4. — **Zarnack**: Praktischer Schiffbau I, 4, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 4. — **Riess**: Klassifikation von Schiffen, 2. — **Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4; Algebra, 2. — **Hamburger**: Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie, 2; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2. — **Hauck**: Projektionslehre I: Darstellende Geometrie mit projektiver Geometrie, 5, Übungen, 4 oder 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie: Parallelprojektion und projektive Geometrie, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Jolles**: Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Projektionslehre II: Praktische Perspektive und Schattenlehre, 5, Übungen, 5. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I und II, 2, Übungen, 1. — **N. N**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; II, 4, Übungen, 2; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Pietsch**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; II, 4, Übungen, 2. — **Doergens**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, Übungen, 2; Planzeichnen, Übungen, 2. — **Schulz**: Graphisches Rechnen, 1, Übungen, 1. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I, 5; Kolloquium über Themata aus der organischen Chemie, 1; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Jutisch**: Entwerfen von chemischen Anlagen, Übungen, 4. — **Rüdorff**: Experimental-Chemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Praktische Arbeiten im technologischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der pflanzlichen und tierischen Fette, Öle und Wachse, 2; Praktikum in der Untersuchung der Fette, Öle und Naphtaprodukte, Übungen, 2. — **H. Wedding**: Einleitung in die Eisenhüttenkunde I: Geschichte, Chemie des Eisens, 2; Eisenhüttenkunde I: Roheisenerzeugung, 2. — **Weeren**: Eisenhüttenkunde, 4; Allgemeine Probierkunde, Übungen, 6; Praktische Arbeiten im metallurgischen Laboratorium, tägl. — **Brand**: Elektrolytische Metallgewinnung, 2. — **Frentzel**: Chemie der Ernährung des Menschen, 2. — **Kühling**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Stavenhagen**: Qualitative Analyse: Reaktionen der Elemente und qualitative Bestimmungsmethoden im Anschluss an die Arbeiten im anorganischen Laboratorium, 2. — **Täuber**: Über Theerfarben, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampher, 1. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide und die Pyridinreihe, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Elektrizität und Wärme, 6; Theoretische Optik, Schluss, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 2. — **Graf**: Integrale algebraischer Funktionen, 3; Besselsche Funktionen, 3; Gammafunktionen und Bernoullische Funktionen, 3; Kurven III. Grades, 3; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Huber**: Sphärische Astronomie, 2; Theorie der Funktionen einer komplexen Variablen, 2; Fouriersche Reihen und Integrale, mit Anwendungen auf die Physik, 2; Mathematisches Seminar (mit Graf), 1. — **Ott**: Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyéder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Moser**: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Die Krankenkasse für den Kanton Bern: Einrichtung, Beobachtungen, Resultate, nach Übereinkunft. — **Friedheim**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Kolloquium über anorganische Chemie, für Fortgeschrittene, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl., ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 4; Repetitorium der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Lebensmittelchemie, 2; Praktikum in der Lebensmitteluntersuchung, nach Vereinbarung. — **Tambor**: Die Chemie der Alkaloide, 1 *g*; Repetitorium der Chemie der Fettreihe für Chemiker, 2. — **Mai**: Analytische Chemie II, 2; Übungen in chemischen Berechnungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie für Chemiker, 1. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Physikalisches Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach), 8; Physikalisches Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Hagenbach**: Polarisation und Interferenz des Lichtes, 2. — **Lorberg**: Theoretische Optik, 4; Elektrische Lichttheorie, 2 *g*. — **Bucherer**: Anwendung der mechanischen Wärmetheorie in der Chemie, 2 *g*; Experimentelle Methoden der Elektrochemie, 3 *g*. — **Anschütz**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl. — **Rimbach**: Spezielle

anorganische Chemie I: Metalle und seltenere Elemente, 2; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), *g*. — **Reitter**: Über Derivate der Kohlensäure, 2. — **Schröter**: Heterocyklische Kohlenstoffverbindungen, 2. — **Partheil**: Ausmittelung der Gifte, 1; Analyse des Wassers, 1 *g*; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Methoden der Arzneimittelprüfung, 1. — **Heusler**: Chemische Technologie der Metalloide, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2. — **Binz**: Chemische Technologie der Gespinnstfasern, 1. — **Löb**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermochemie, Elektrochemie, Photochemie, 2; Spezielle Elektrochemie: Verwendung des elektrischen Stromes für chemische Prozesse, 1 *g*. — **Kortum**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Elemente der Theorie der krummen Linien und Flächen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Heffter**: Theorie der elliptischen Funktionen, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Lipschitz**: Analytische Mechanik, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Topographie des Sonnensystems, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten, tägl. — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2 *g*. — **Deichmüller**: Elemente der höheren Geodäsie, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, 2. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm), 2; Experimentalphysik, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Mathematische Elektrizitätslehre, 2. — **Rellstab**: Theorie der Wechselströme, 1. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2, Elektrotechnisches Praktikum (mit Salfeld), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Salfeld). — **Bodländer**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Grundzüge der Chemie, 3; Elektrochemisches Praktikum (mit Breull), 6; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Breull). — **Schöttler**: Angewandte Wärmemechanik, 2; Messungen an Maschinen; Technische Mechanik II, 7, Übungen, 2. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 3; Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 2; Differential- und Integralrechnung II, 2; Potentialtheorie, 2; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Perspektive und Schattenkonstruktionen, 2; Geometrie der Lage, 2. — **Dedekind**: Elemente der Zahlentheorie, 1; Theorie der Fourierschen Reihen, 2. — **Koppe**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung I mit Berechnungen, 2, Übungen, 4; Geodätisches Praktikum, 3; Planzeichnen, 2. — **R. Meyer**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3. — **Biehringer**: Analytische Chemie für technische Chemiker, 2; Stöchiometrische Rechnungen, 1; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Technisch-chemische Analyse, 2.

Universität Breslau.

Meyer: Mathematisch-physikalisches Seminar, *g*; Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus und Wärme, 4; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium (mit Heydweiller), tägl. — **Heydweiller**: Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Abegg), 2 *g*; Einleitung in die theoretische Physik, 3; Physikalische Übungen (mit Meyer), tägl. — **Bose**: Theorie der elektromotorischen Kräfte von galvanischen Kombinationen, 2; Elektrische Messinstrumente, 1 *g*. — **Poleck**: Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 1 *g*.; Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmacie, 6; Analytische Methoden zur Untersuchung der Nahrungsmittel, des Wassers u. s. w., 3; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmacie, der forensischen Chemie und Untersuchung der Nahrungsmittel, 40. — **Abegg**: Physikalische Chemie, mit Experimenten, 2; Elektrochemie, mit Experimenten, 2; Praktisch-chemische Übungen (mit Ladenburg), tägl., ausser Sonnabend; Mathematisch-physikalische Ergänzungen zur physikalischen Chemie, *g*; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Heydweiller), 2 *g*. — **Ladenburg**: Chemisches Kolloquium, 14 tg., 2 *g*; Organische Experimentalchemie, 5; Praktisch-chemische Übungen (die analytischen Übungen mit Abegg), tägl., ausser Sonnabend; Praktisch-chemische Kurse für Mediziner, 5; Praktisch-chemische Kurse für Landwirte, 6. — **Ahrens**: Die Grundlagen der Elektrochemie, 1 *g*; Die Anwendungen des elektrischen Stromes in der chemischen Technik, 2; Chemisch-technisches Praktikum, tägl., ausser Sonnabend; Praktische Kurse in chemisch-technischen, gasanalytischen und elektrochemischen Untersuchungsmethoden, Sonnabend. — **Scholtz**: Stereochemie, 2. — **London**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Franz**: Astronomisches Seminar, 1 *g*; Schilderung des Weltgebäudes, für Studierende aller Fakultäten, 1; Bahnberechnung der Planeten und Kometen, 4; Methode der kleinsten Quadrate mit Anwendungen, 2; Astrophysik: Spektralanalyse, Photometrie und Photographie der Gestirne, 2. — **Rosanes**: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*; Algebraische Gleichungen, 4; Elemente der Theorie der Differentialgleichungen, 2. — **Sturm**: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*; Differentialrechnung und Elemente der Integralrechnung, 4, Zahlentheorie, 2. —

Universität Czernowitz.

Handl: Experimentalphysik, 5; Praktisch-physikalische Übungen, 6. — **Tumlirz**: Theoretische Optik (Fortsetzung), 3, Theorie des Potentials, 2; Theorie der Kapillarität, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2. — **Puchta**: Differential- und Integralrechnung, 6; Proseminar für Mathematik, 2 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Pribram**: Allgemeine Chemie I, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (für Anfänger), 15; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen (für Fortgeschrittene), 20; Chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 5. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimental-Physik, 5; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Praktikum, 3; Selbständige physikalische Arbeiten; Physikalisches Kolloquium. — **Zeissig**: Experimental-Physik, 4; Physikalische Mess- und Instrumentenkunde, 2. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1. — **N. N.**: Allgemeine Elektrotechnik II, Übungen, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 6; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik; (mit Sengel, Wirtz und den Assistenten des elektrotechnischen Instituts): Übungen im elektrotechnischen Laboratorium, 4 halbe Tage; Elektrotechnisches Seminar, 1. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrische Leitungsanlagen und Stromverteilungssysteme, 2, Übungen, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2. — **Fehmer**: Elektrische Strassenbahnen, 1. — **Forch**: Meteorologie, 1. — **Meisel**: Optische Instrumente, 2. — **Berndt**: Beschreibende Maschinenlehre, 3; Werkzeugmaschinen, 2; Ausgewählte Abschnitte aus der Festigkeitslehre, 2; Konstruktionsübungen in Maschinenelementen, 3. — **Gutermuth**: Dampfmaschinen, 6; Konstruktionsübungen, 6. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen, 2; Mechanik II, 6, Übungen, 3; Hydrodynamik, 1. — **Krauss**: Mechanische Technologie I, 2, II, 4; Maschinen-Zeichnen, 1, Übungen, 3; Heizung und Lüftung, 2. — **Lincke**: Maschinen-Elemente, 4; Konstruktionsübungen, 9; Kinematik I, 2, II, 1. — **Pfarr**: Hebemaschinen, 2; Wasserkraftmaschinen, 4, Konstruktions-Übungen, 6; Wasserwerksbauten, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnung der Maschinen-Fabrikation, 1. — **Camerer**: Übungen im Berechnen von Maschinen-Elementen, 1; Erläuterung und Anwendung des Rechenschiebers, 3 - 4. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übung., 4. — **Fenner**: Trigonometrie, 3; Geodäsie, 3; Geodätische Übg., 3; Planzeichnen, 4. — **Gundelfinger**: Elemente der höheren Algebra mit Übungen, 1; Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 4; Analytische Übungen. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Wiener**: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 1, Übungen, 2; Arbeiten im mathematischen Institut. —

Graefe: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 2, Übungen 2; Höhere Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übungen, 2. — **Baur**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Kolloquium, 1; Chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum, ganze Woche; Chemische Technologie, 4; Eisenhüttenkunde, 1. — **Staedel**: Anorganische Chemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Finger, Kolb und Heyl). — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 6; Praktikum im Farbstoff-Laboratorium. — **Heyl**: Anorganische Chemie, spezieller Teil, 2; Pharmazeutische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Pharmazeutischen Chemie, 1. — **Klemm**: Mineralogie und Gesteinlehre für Chemiker, 3; Mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, 1; Einführung in die Photographie, 2, Übungen, 2; Photographisches Praktikum für Geübtere, 2. — **Kolb**: Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Krausser**: Pharmakognosie, 2, Übungen, 2; Mikroskopische Untersuchungen vegetabilischer Nahrungs- und Genussmittel, Übungen, 3; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1; Anleitung zu den mikroskopischen und bakteriologischen Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln, 4. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrochemie, 1. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchungen der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Chemisch-technisches Kolloquium, 1. — **Vanbel**: Theoretische Chemie I, 3. — **Weller**: Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, Übungen, 8. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum I, 3; Physikalisches Praktikum II, 6 oder 9. — **Mollier**: Technische Thermodynamik, 4, Übungen, 1; Kinematik, 2, Übungen, 3. — **Toepler**: Physikalische Messkunde II, 2. — **Ulbricht**: Telegraphie und Telephonie, 2 *g.* — **N. N.**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elektrotechnische Messkunde, 3; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 12; Grössere elektrotechnische Spezialarbeiten, 30; Elektrotechnische Übungen für Chemiker, 4. — **Förster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 2; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie, 40. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Kolloquium (mit v. Walther), 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Hempel**: Metallurgie, 2; Chemische Grossindustrie, 2; Gasanalyse, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum, a) Qualitative Analyse, 12, b) Quantitative Analyse, 40. — **Fuhrmann**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 3; Differentialgleichungen, mehrfache Integration, 1; Vermessungslehre, 2; Geodätische Aufgaben für Architekten, 2 *g*; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Helm**: Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik, 2, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, mit Übungen, 2. — **Krause**: Differentialgleichung, 4, Übungen, 1; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g.* — **Naetsch**: Allgemeine Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 3; Verwertung imaginärer Elemente in der Geometrie, 1 *g.* — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 3, Übungen, 2; Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen, a) für Bauingenieure, 2, b) für Vermessungsingenieure, 4; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Seminaristische Übungen für Geodäten, 2. — **Rohn**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 6; Kegelschnitte, 1; Theorie der Kurven, insbesondere der 3. Ordnung, 2 *g.* — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie, 3; Lichtpausen, 1 *g*; Kolloquium über wissenschaftliche Photographie und Kritik eigener Arbeiten der Teilnehmer, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40, Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **Gordan**: Analytische Geometrie, 4; Algebra, 4; Übungen im Seminar, 3 *g.* — **Nöther**: Differential- und Integralrechnung, 4; Einführung in die algebraische Analysis und in die Funktionentheorie, 4; Mathematische Übungen, *g.* — **Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Halbpraktikum im chemischen Laboratorium, 20; Vollpraktikum, 40. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin (organischer Teil), 3; Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 2; Chemisches Vollpraktikum, 44; Chemisches Halbpraktikum, 20 bis 24. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse, 3; Kolloquium über neuere chemische Litteratur, 1 *g.* —

Universität Freiburg.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 15; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2. — **G. Meyer**: Elektrochemie, 2; Thermodynamik, 2; Physikalisch-chemische Übungen für Anfänger, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten für Geübtere. — **Königsberger**: Ausgewählte Teile der mathematischen Physik (ohne Anwendung höherer Mathematik), 1; Elemente der Optik, 2. — **Lüroth**: Analytische Mechanik, 5; Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 3; Mathematisches Seminar, 1. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Zahlentheorie, 3. — **Loewy**: Differentialrechnung, 3; Flächentheorie, 3. — **Rebmann**: Methodik des mathematischen Unterrichts, 2. — **Gattermann**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Theoretische Einführung in das chemische Praktikum (für Anfänger in der qualitativen und quantitativen Analyse), 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl., ausser Sonnabend. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Nahrungsmittelchemie, 1; Chemisches Praktikum (mit Gattermann). — **Edinger**: Synthesen der organischen Chemie, 2; Einführung in das organische Praktikum, 1 *g.* — **Fromm**: Qualitative Analyse, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2; Stereochemie, 1. —

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik II: Akustik, Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum, 9; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium. — **Fromme**: Theoretische Optik, 3; Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler und Elemente der höheren Geodäsie, 2, Übungen in theoretischer Physik, 1 *g.* — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemie, experimentell und theoretisch, 2; Chemisches Kolloquium, 2. — **Wagner**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Naumann**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Eidmann**: Analytische Chemie II, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparate II, 2; Einführung in die organische Chemie, 2. — **Pasch**: Differential- und Integralrechnung, 4; Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 2; Übungen über die Elemente der höheren Mathematik, 1; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Netto**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Algebraische Gleichungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Haussner**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Technische Mechanik I, $3^1/_2$; Determinantentheorie, 2. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II, 3; Physikalische Übungen, 8; Ausgewählte Kapitel der Thermodynamik, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten, 40 *g.* — **Voigt**: Allgemeine Elektrizitätslehre, 4; Physikalisches Praktikum, 4; Ausgewählte Kapitel der Potentialtheorie, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, 40 *g.* — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 2, Übungen, 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Selbständigere Arbeiten, *g.* — **Wiechert**: Analytische Mechanik, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geophysikalisches

Praktikum, *g.* — **Simon**: beurlaubt. — **Kaufmann**: Neuere elektrische Forschungsergebnisse, 2. — **Abraham**: Probleme der Akustik, Elektrodynamik und Optik, 4. — **Nernst**: Theoretische Chemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, tägl.; Neuere Entwickelung der Atomistik, 1 *g*; Physikochemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Coehn**: Elektroanalyse, mit Übungen, 3. — **Streintz**: Messmethoden der Elektrochemie, 2. — **Klein**: Projektive Geometrie, 4, Übungen, 2 *g.* — **Schur**: Theorie der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 4; Praktische Übungen an der Sternwarte, tägl.; Die Lehren der Astronomie in gemeinverständlicher Form, 1 *g*; Astronomische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g.* — **Hilbert**: Funktionentheorie, 4; Partielle Differentialgleichungen (im mathematisch-physikalischen Seminar), 4; Partielle Differentialgleichungen, 2 *g.* — **Brendel**: Die Rotationsbewegungen der Himmelskörper, 2; Übungen im numerischen Rechnen, 2 *g.* — **Schilling**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g.* — **Ambronn**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Geschichte des Fernrohrbaues, 1 *g.* — **Bohlmann**: Die mathematischen Grundlagen des Versicherungswesens, 3; Mathematische Statistik, 2; Mathematische Übungen im Versicherungsseminar, 2 *g.* — **Zermelo**: Mengenlehre, 2; Kinetische Gastheorie, 2. — **Sommer**: Theorie der algebraischen Funktionen, 2. — **Wallach**: Unorganische Chemie, 6; Chemisches Praktikum, 20—40; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g.* — **Tollens**: Technische Chemie für Landwirte: Zucker, Gährung, Phosphat, 3; Agrikultur-chemisches Praktikum (mit Hugershoff), 30 und 10. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 4; Untersuchung der Nahrungsmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 2 *g.* — **Fischer**: Chemische Technologie, 2; Geschichte der chemischen Technologie, 1 *g.* — **Kötz**: a) Das Methylenproblem, b) Organische Ionen, 2. — **Manchot**: Benzolderivate, 3. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimental-Physik, 5; Physikalische Übungen, 12. — **Subic**: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie, 2. — **Wassmuth**: Die Dynamik materieller Punkte und Punktsysteme, 3; Die Grundlehren der Galvanometrie, 2; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g.* — **v. Hepperger**: Sphärische Astronomie, 3; Geographische Ortsbestimmung, 2. — **Frischauf**: Elemente der Geometrie, 3; Theorie der Kreisteilung, 2 *g.* — **v. Dantscher**: Einleitung in die Analysis, 5; Mathematisches Seminar, 2. — **Streissler**: Die Centralprojektion mit konstruktiven Übungen, 3. — **Skraup**: Allgemeine und anorganische Experimental-Chemie, 5; Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1; Chemische Übungen für Anfänger, 15; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Übungen für Vorgeschrittene, 20. — **Schrötter**: Pharmazeutische Chemie, 4; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Allgemeine Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, 8. — **Emich**: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene. — **Hocevar**: Mathematik I: Algebra und Analysis, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Peithner Frh. v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Theorie der Kegelschnitte, 3. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschliesslich der Elemente der graphischen Statik I, 4, Übungen, 1; Encyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I: Theorie der Elastizitäts und Festigkeitslehre, 4. — **Klingatsch**: Höhere Geodäsie I: Methode der kleinsten Quadrate, Präzisions-Nivellement, Sphärische Astronomie, 4, Übungen. —

Universität Greifswald.

Richarz: Mechanische Wärmetheorie, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit König), 2. — **König**: Experimentalphysik II: Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g.* — **Schreber**: Beurlaubt. — **Auwers**: Chemie II, 6; Ausgewählte Teile der anorganischen Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Schwanert); Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schwanert), 6. — **Schwanert**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Teile der technischen Chemie, 1 *g.* — **Semmler**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie I, 1 *g.* — **Posner**: Über die Anwendung der Elektrolyse in der Chemie, besonders zur quantitativen Metallanalyse, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2; Kolloquium über chemische Gegenstände, 14 tg., 2. — **Thomé**: Mechanik I, 4; Algebra, 4, Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Study**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Funktionentheorie II, 4; Übungen im mathematischen Seminar, *g.* —

Universität Halle.

Dorn: Kinetische Theorie der Gase, 2 *g*; Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium, a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, den ganzen Tag. — **Schmidt**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, *g.* — **Roloff**: Elektrochemie, 2; Chemische Verwandtschaftslehre, 1. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 1 *g.* — **Wangerin**: Ausgewählte Kapitel der höheren Geodäsie, 1 *g*; Integralrechnung mit Übungen, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 2; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Eberhard**: Numerische Gleichungen mit Übungen, 1 *g*; Theorie der algebraischen Gleichungen, 4. — **Lorenz**: Technische Mechanik: Anwendungen von Hydrodynamik und Thermodynamik, 2, Übungen; Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte, 3; Kulturtechnik: Drainage, Wiesen und Wasserbau, mit Übungen im Entwerfen kulturtechnischer Anlagen, 2. — **Grassmann**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2, Übungen zur darstellenden Geometrie, 1 *g.* — **Neumann**: Theorie der Kettenbrüche, 2. — **Volhard**: Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), 30. — **Doebner**: Über Alkaloide, 1 *g*; Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 4; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Volhard und Vorländer), tägl., ausser Sonnabend. — **Erdmann**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Praktische Übungen im Unterrichtslaboratorium für angewandte Chemie, tägl., ausser Sonnabend. — **Vorländer**: Besprechung neuerer chemischer Arbeiten, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Volhard und Doebner), tägl., ausser Sonnabend. —

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Paschen), 4. — **Paschen**: Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Beckmann und Heyck), Übungen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Heyck, Winkelmann) I, 8, II, nach Übereinkunft, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen und Betriebe I, 3, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Thiermann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Messkunde II, 2. — **Franke**: Elektrotechnisches Kolloquium, 2. — **Kiepert**: Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 1; Geometrie der Lage, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik (höhere Algebra), 2, Übungen. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie II (mit Peters und Ahlf), 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3; Übungen in der Ausgleichungsrechnung

nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2; Praktische Geometrie (mit Petzold), 4. Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Seubert**: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium (mit Eschweiler, v. Reden und Jänecke), tägl., ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 2. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium (mit Keiser), tägl., ausser Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, für Nichtfachchemiker, 3; Chemische Technologie, für Chemiker, 4, Übungen, 2; Übungen in der Elektrolyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl., ausser Sonnabend. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend; Physikalisches Praktikum, 4. — **Pockels**: Theoretische Physik II: Elektrizität und Magnetismus, 4; Hydrodynamik, 1. — **Eisenlohr**: Theoretische Optik, 4; Differential- und Integralrechnung, 5; Über das Potential, 2. — **Precht**: Einführung in die Elektrotechnik, 1; Physikalische Messmethoden für Chemiker, 2; Wissenschaftlich-photographische Übungen (für Studierende aller Fakultäten), 2. — **Wolf**: Mathematische Geographie: Elemente der Astronomie, 2 *g*. — **Valentiner**: Verbesserung erster Kometen- und Planetenbahnen, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1; Astronomisches Kolloquium, 14 tg., 2. — **H. Goldschmidt**: Physikalische Chemie: Affinitätslehre, 2. — **Knoevenagel**: Qualitative Analyse, 2; Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 3. — **Curtius**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im akademischen Laboratorium (mit Jannasch, H. Goldschmidt und Knoevenagel), tägl., ausser Sonnabend. — **Brühl**: Organische Chemie, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend. — **Krafft**: Organische Chemie, 3; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Chemisches Praktikum, tägl., ausser Sonnabend, a) ganztägig, b) halbtägig, für Anfänger; Kolloquium über organische Chemie, 1; Chemie der Metalle, 1. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Politische Arithmetik, 2. — **Königsberger**: Höhere Algebra: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Elemente der Theorie der Differentialgleichungen (Fortsetzung der Integralrechnung), 2, Zahlentheorie, 2; Übungen des mathematischen Unter- und Oberseminars, 2. — **Landsberg**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Funktionenlehre (Fortsetzung der Vorlesung des Sommersemesters), 2. — **Köhler**: Synthetische Geometrie des Raumes, 3. — **Böhm**: Die Prinzipien der Mechanik von Heinrich Hertz, 2; Lektüre und Besprechung einer klassischen mathematischen Abhandlung, wahrscheinlich: Gauss, disquisitiones generales circa superficies curvas (Flächentheorie), 1. —

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik: Elektrizität und Mechanik, 5; Seminar für mathematische Physik, 1 *g*. — **Radaković**: Akustik, 2. — **Klemenčič**: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6; Praktische Übungen für Vorgeschrittene, tägl., *g*. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und die Bedeutung derselben für die praktische Milchwirtschaft, 2. — **Czermak**: Allgemeine Meteorologie (auch für Naturhistoriker), 2; Theoretische Meteorologie (mit hoherer Rechnung), 2; Meteorologische Übungen, 2. — **Senhofer**: Allgemeine Chemie für Lehramtskandidaten und Mediziner I: Anorganische Chemie, 5; Methoden der analytischen Chemie, 2 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Praktische Anleitung zu analytisch-chemischen Untersuchungen für Mediziner, 6 *g*. — **Hopfgartner**: Analytische Chemie, Fortsetzung, 2; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. —

Stolz: Reelle Differential- und Integralrechnung, Fortsetzung, 4; Theorie der Funktionen von komplexen Veränderlichen nach Cauchy und Weierstrass, 3. — **Wirtinger**: Lineare partielle Differentialgleichungen, 3; Eulersche Integrale, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Darstellende Geometrie in Verbindung mit Konstruktionsübungen, 4; Anwendung der Differentialrechnung auf Geometrie, 2. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 4, b) für Chemiker (mit Straubel), 4; Physikalische Spezialuntersuchungen, *g*; Repetitorium der Physik für Mediziner, 1 *g*. — **Auerbach**: Mechanik: Starre und feste Körper, Flüssigkeiten und Gase, 4, Übungen, 14 tg., 2, Die Entwickelung der Physik im 19. Jahrhundert, 1 *g*. — **Straubel**: Optik, 4; Kolloquium über Optik, 1. — **Abbe**: Wird nicht lesen. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, für Studierende der Medizin und Naturwissenschaften, 2. — **Knorr**: Allgemeine Experimentalphysik II: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Wolff); Wissenschaftliche Arbeiten, *g*. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Gaenge**: Gerichtliche Chemie, 1; Anwendung der Optik in der Chemie, 2; Erklärung und Bereitung der in der Heilkunde verwendeten Stoffe, 2. — **Duden**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Link**: Krystallographisches Praktikum für Chemiker, 4. — **Knopf**: Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 3; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. — **Rabe**: Chemie der Alkaloide, 2. — **Gutzmer**: Integralrechnung, 4; Elemente der darstellenden Geometrie mit Übungen, 4; Seminarübungen zur Integralrechnung, 1 *g*. — **Frege**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Thomae**: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, 4; Bestimmte Integrale und hypergeometrische Reihen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium (mit Mie), 6; Molekularphysik, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 4; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I u. II, 8. — **Meidinger**: Heizung und Ventilation der Wohnräume mit Exkursionen, 2; Dynamomaschinen mit Rücksicht auf ihre Verwendung, 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elementarmechanik, 2. — **Teichmüller**: Elektrotechnische Messungen, 2; Elektrische Leitungen, 2; Entwerfen von Leitungsanlagen, 2. — **Mie**: Physikalische Messungen, 2; Moderne Anschauungen über Elektrizität, 2; Kinetische Gastheorie, 2. — **Seltsam**: Telegraphie und Fernsprechwesen, 2. — **Bunte**: Chemische Technologie I u. II, je 2; Metallurgie, 1; Industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse, 4 bezw. 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 ganze Tage; Übungen in der technischen Analyse, für Vorgerücktere, tägl. — **Engler**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Haber**: Technische Elektrochemie, 3, Übungen, 3; Chemische Technologie der Faserstoffe I, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel, Übungen, 2. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen, 4 bezw. 3; Vorkursus, 3; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1. — **Schell**: Synthetische Geometrie I u. II, 3; Theoretische Mechanik I und II, 5; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **Schröder**: Differential- und Integralrechnung I und II, 4, Übungen, 2; Integration der Differentialgleichungen, 3; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4; Graphische

Statik, 2, Übungen, 2. — **Wedekind**: Geometrie der Ebene und des Raumes, 2; Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der höheren Analysis, 2. — **Disteli**: Projektionslehre und Übungen dazu, 2; Ausgewählte Kapitel der Kinematik, 2. — **Schmidt**: Theorie der Photographie und Besprechung der wichtigsten Verfahren, 2; Photographisches Praktikum, 8. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 1 Nachm.; Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Universität Kiel.

Lenard: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärmelehre, 4; Besprechungen physikalischer Fragen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, zugleich für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten, 7; Physikalische Untersuchungen für Fortgeschrittene, tägl., ausser Sonnabend. — **Weber**: Theoretische Optik, 4; Photometrie, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2; Leitung ausgewählter physikalischer Untersuchungen und Messungen, tägl., ausser Sonnabend. — **Pochhammer**: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf die Geometrie, 3; Einleitung in die Funktionentheorie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Stäckel**: Höhere Analysis II: Integralrechnung, Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Stereometrisches Zeichnen, 4; Variationsrechnung, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmungen, 4; Praktische Übungen in Bahnbestimmungen, 1 *g*. — **Kreutz**: Sphärische Astronomie II: Theorie der astronomischen Instrumente, 3; Theorie des Ring- und Kreuzstabmikrometers, 1 *g*. — **Claisen**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), tägl., ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum in der organischen Abteilung, tägl. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Chemie der Metalle, 3; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1; Technologische Exkursionen, *g*. — **Berend**: Die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 2; Über die Theerfarbstoffe, ihre Fabrikation und Verwendung, 2. — **Stöhr**: Chemie der Benzolderivate (Aromatische Verbindungen), 2. — **Emmerling**: Die chemischen Vorgänge der Verdauung und Ernährung, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Pape: Drehungspolarisation und Polarisationsapparate mit Demonstrationen, 1 *g*; Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Physikalisch-theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g*; Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten im mathematisch-physikalischen Laboratorium, 5. — **Lossen**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1 *g*; Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl.; Kleines chemisches Praktikum. — **Klinger**: Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 1 *g*; Anorganische Chemie, 4; Darstellung und Prüfung organischer Arzneimittel, 2; Übungen im Laboratorium, tägl. — **Stutzer**: Repetitorium der allgemeinen Chemie (unter Bezugnahme auf die praktischen Übungen im Laboratorium), 1 *g*; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger, tägl., ausser Sonnabend; Die Chemie der tierischen Ernährung und der Futtermittel, 4; Grösseres chemisches Praktikum für Geübtere: Chemie, Bakteriologie, tägl., ausser Sonnabend. — **Löwenherz**: Einleitung in die organische Chemie, 1 *g*; Theorie und Praxis der Elektrochemie, mit Demonstrationen, 2; Elektrochemische und physikalisch-chemische Uebungen und Arbeiten, *g*. — **Meyer**: Übungen für Fortgeschrittene (mit Schönflies), $1^1/_2$ *g*. — Übungen in der Integralrechnung, 1 *g*; Integralrechnung, 3; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Geometrie, 2. — **Struve**: Theorie der Instrumente, 1 *g*; Sphärische Astronomie, 3. — **Schönflies**: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars (mit Meyer), $1^1/_2$ *g*; Mechanik, 4. — **Saalschütz**: Theorie der Differenzenrechnung, 2 *g*; Algebraische Übungen, 1 *g*; Einleitung in die algebraische Analysis, 3. — **Rahts**: Höhere Geodäsie, 2 *g*; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Cohn**: Übungen im astronomischen Rechnen, 1 *g*; Berechnung der Planeten- und Kometenbahnen, 2. — **Vahlen**: Einleitung in die Gruppentheorie, 2; Theorie der ebenen algebraischen Kurven, 2. — **Müller**: Analytische Geometrie des Raumes, mit Übungen, 4; Perspektive, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 12; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Boltzmann**: Analytische Mechanik, 5. — **v. Oettingen**: Meteorologie, 1. — **Wiedeburg**: Elektrische Schwingungen mit Demonstrationen, 2. — **Scheibner**: Liest nicht. — **Neumann**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, Fortsetzung, (eventuell: Theorie des Potentials), 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Bruns**: Mechanik des Himmels, 4; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Wird noch ankündigen. — **Hölder**: Differential- und Integralrechnung, 5; Anwendung der elliptischen Funktionen, 1; Mathematisches Seminar: Übungen in Differential- und Integralrechnung, 1 *g*. — **Engel**: Projektive Geometrie und homogene Koordinaten, 3, Übungen, 1 *g*; Differentialinvarianten, 2, Übungen (mit Kowalewski), 1 *g*. — **Le Blanc**: Beurlaubt. — **Peter**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Astronomie: Bestimmung von Fixsternörtern, 2, Praktische Übungen auf der Sternwarte (mit Bruns), *g*. — **Hausdorff**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Kartenprojektion, 2. — **Kowalewski**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Theorie der partiellen Differentialgleichungen (für Mathematiker und Naturforscher), 2; Übungen über Differentialinvarianten (mit Engel), 1 *g*. — **Liebmann**: Elementare Zahlentheorie, 2; Grundlagen der Geometrie, 2. — **Wislicenus**: Organische Experimentalchemie, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, $1^1/_2$ *g*; Chemisches Vollpraktikum, a) für Analytiker, b) für Vorgerücktere (mit Stobbe und Rassow), tägl.; Chemisches Halbpraktikum, 20. — **Ostwald**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 3; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Anleitung zu Schulversuchen für Lehrer, in Verbindung mit dem chemischen Praktikum (mit Wagner); Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Beckmann**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Besprechung pharmazeutisch-chemischer Präparate: Organische Präparate, 3 *g*; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisches Praktikum, tägl. — **Weddige**: Chemische Industrie der Theerfarbstoffe, 2. — **Stobbe**: Organische Chemie III: Pyridin, Chinolin und andere heterocyklische Verbindungen, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen (Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphtalins, Anthracens u. s. w.) und die hydroaromatischen Substanzen, 1; Die Zuckergruppe, 1; Vollpraktikum für Geübtere (mit Wislicenus und Rassow). — **Knoblauch**: Grundzüge der mathematischen Chemie, 2. — **Rassow**: Chemie der seltenen Elemente, 1; Über Derivate der Kohlensäure und des Cyans, 1; Chemische Technologie: Organische Betriebe, 2; Vollpraktikum für Geübtere (mit Wislicenus und Stobbe). — **Euler**: Beurlaubt. — **Wagner**: Geschichte der Chemie, 1; Einführung in die qualitative Analyse (bis Weihnachten), 1 *g*; Anleitung zu Schulversuchen für Lehrer (von Neujahr ab), 1 *g*; Übungen in Schulversuchen für Lehrer in Verbindung mit dem chemischen Praktikum (mit Ostwald), halbtägig. — **Luther**: Photochemie und photographische Chemie, 2. — **Bodenstein**: Angewandte Elektrochemie, 2. —

Universität Marburg.

Melde: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus und Wärme, 5; Repetitorium und Examinatorium der Experimentalphysik, 1; Praktisch-physikalische Übungen (mit Feussner), 12. — **Feussner**: Theoretische Physik I: Optik und Wärmelehre, 4; Theorie der Beobachtungen, 1; Physikalisches Praktikum (mit Melde), 12. — **Fittica**: Analytische Chemie, 3; Ältere Geschichte der Chemie, 1. — **Schaum**: Physikalische Chemie, 3; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Licht und Leuchten, 1. — **Gadamer**: Chemie

der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Repetitorium und Examinatorium der anorganischen und organischen Chemie für Pharmazeuten, 4; Ausmittelung der anorganischen Gifte, 1; Praktische Übungen in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Schmidt), tägl. — **Zincke**: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie für Chemiker und Mediziner, 5; Repetitorium über anorganische Chemie für Mediziner, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl. — **Schmidt**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Fritsch und Gadamer). — **Fritsch**: Praktische Übungen in der analytischen Chemie (mit Schmidt) tägl.; Qualitative Analyse, 1; Chemie der Benzolderivate, 2. — **Schenck**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige Arbeiten (mit Zincke), tägl. — **Schottky**: Elliptische Funktionen, 4; Algebraische Analysis, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 2. — **Hess**: Integralrechnung, 5; Ausgewählte Kapitel der Geometrie, 3; Sphärische Trigonometrie und deren Anwendungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2. — **v. Dalwigk**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1; Darstellend-geometrische Übungen über Kegelschnitte und Flächen zweiten Grades (auch Entwerfen von Modellen), 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Graetz), 4 resp. 12; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 44; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Graetz**: Analytische Mechanik, 4; Theoretische Akustik, 2; Physikalisches Praktikum (mit Röntgen), 8. — **Donle**: Einführung in die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2. — **Erk**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie unter besonderer Berücksichtigung der Forst- und Landwirte, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Meteorologie, nach Übereinkunft, tägl. — **v. Baeyer**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Hofmann und Piloty in der unorganischen, mit Konigs und Thiele in der organischen Abteilung), tägl., ausser Sonnabend. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie I, 4; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie I: Physiologische Chemie, Gährungsgewerbe, 2; Chemisches Praktikum mit Einschluss elektrolytischer Arbeiten (mit Weinland), tägl., ausser Sonnabend; Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der Nahrungsmittel- und physiologischen Chemie. — **Königs**: Pyridinderivate; Praktische Arbeiten in der organischen Abteilung des chemischen Laboratoriums (mit v. Baeyer und Thiele). — **Thiele**: Benzolderivate, 4; Stereochemie, 1; Praktische Arbeiten in der organischen Abteilung des chemischen Laboratoriums (m. v. Baeyer und Königs). — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum über physikalisch-chemische Methoden (mit Piloty), 4; Übungen im chemischen Laboratorium (mit v. Baeyer und Piloty), tägl., ausser Sonnabend. — **Piloty**: Analytische Chemie, 3; Praktikum über physikalisch-chemische Methoden (mit Hofmann), 4; Übungen im chemischen Laboratorium (mit v. Baeyer und Hofmann), tägl., ausser Sonnabend. — **Willstätter**: Chemie der Fettreihe, 2; Repetitorium und Konservatorium der organischen Chemie mit Demonstrationen, 1. — **Dieckmann**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Weinland**: Bestimmung der wirksamen Bestandteile narkotischer Droguen, 1; Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie (mit Hilger). — **Rothmund**: Elektrochemie, 2. — **Seeliger**: Mechanik des Himmels I: Theorie der planetaren Störungen, 4; Astronomisches Kolloquium, g. — **Schwarzschild**: Astronomische Optik, 2. — **Groth**: Mineralogie, 5, mit praktischen Übungen, 2; Krystallographisches Praktikum, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Krystallographie und Mineralogie, tägl. — **Bauer**: Algebra; Vorlesung: Thema noch unbestimmt; Mathematisches Seminar. — **Brunn**: Einführung in das mathematische Verständnis der Naturwissenschaften, 4. — **Lindemann**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Einleitung in die Theorie der gewöhnlichen und der partiellen Differentialgleichungen, 2; Über die mathematischen Grundlagen des Versicherungswesens, 2; Mathematisches Seminar, $1\frac{1}{2}$ g. — **Pringsheim**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Elliptische Funktionen, 3. — **Anding**: Gyldénsche Theorien, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **v. Weber**: Einleitung in die Analysis, 4; Determinanten mit Anwendungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Elementargeometrie, 2. — **Korn**: Elektrische Theorien, 5. — **Göttler**: Theorie und Anwendung der Laméschen Funktionen, der Kugelfunktionen und der Besselschen Funktionen, 3. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3; Kinematik (Geometrie der Bewegung), 2. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimental-Physik: Mechanik, Akustik, Wärme, Reibungs-, Berührungs- und Thermo-Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, 48. — **Fischer**: Einführung in die theoretische Physik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 2, Übungen, 1. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 3. — **Emden**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf meteorologische und kosmologische Probleme, 1. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übungen für Vorgeschrittene. — **E. Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 2; Beleuchtungstechnik und Konstruktion der Bogenlampen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2. — **Muthmann**: Unorganische Experimentalchemie einschliesslich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10 bis 30; Spezielle Arbeiten aus dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Chemische Technologie I, 2, II, 4; Praktikum, 20 bis 30. — **Eibner**: Chemie der Benzolderivate, 4. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse II, 2; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse I, 2. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Hofer**: Elektrochemie I, 3. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlenhydrate (zugleich landwirtschaftliche Technologie I), 3; Gährungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 15 bis 30; Technologie und Warenkunde II: Organische Waren (für Zolldienstaspiranten), 4. — **v. Braunmühl**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Projektivische Geometrie, 4, Seminar, 1; Mathematisch-historisches Seminar, 1. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik I: Elemente der analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 6, Übungen, 3; Photogrammetrie, 2. — **Dyck**: Höhere Mathematik III: Allgemeine Sätze über Kurven und Flächen 2. Ordnung; Anwendungen der Differential- und Integralrechnung; Differentialgleichungen; Elemente der Variationsrechnung, 5, Übungen, 3; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, Kolloquium (mit Finsterwalder), 2. — **Anding**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 oder 4; Höhere Geodäsie und Ausgleichungsrechnung: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung, Landesvermessungs- und Erdmessungsarbeiten, 4; Katastermessungen, 3, Praktikum III, 8; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Ausgleichungsrechnung (Praktikum), 1; Mechanisches und graphisches Rechnen (Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter etc.), 1. — **Hohenner**: Anlage und Fortführung der bayerischen Steuerkataster, 2. — **Föppl**: Graphische Statik, 3; Festigkeitslehre, 4, Übungen, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik für Elektroingenieure I, 2, Elektrotechnische Messkunde I, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 8; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, 2. — **Friese**: Starkstromtechnik, 2; Theorie und Konstruktion der Schalt- und Regulierapparate sowie Kostenberechnung von Maschinen und Apparaten, 1; Praktikum II.

Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 8; Konstruktionslehre der Wechselstrommaschinen, 2; Entwerfen von Wechsel- und Gleichstromkonstruktionen, 4; Elektrische Strassen- und Vollbahnen, 2. —

Akademie Münster.

Hittorf: Wird keine Vorlesungen halten. — **Ketteler**: Experimentalphysik II: Akustik, Optik, Magnetismus und Elektrizität, 4; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 9; Elemente der theoretischen Physik IV: Schluss der Optik, Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 2 *g*. — **Killing**: Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 4; Graphische Statik, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Zahlentheorie, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 1 *g*. — **Salkowski**: Organische Chemie I: Fettkorper, 4; Leichtmetalle, 2 *g*; Einleitung in die theoretische Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten im chemischen Institut, 39. — **König**: Analytische Chemie I, 1; Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2 *g*; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil) mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Analyse der technischen Gase, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium, 30; Massanalyse, 1 *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum, 3; Einführung in das Praktikum, 2. — **Jaumann**: Experimentalphysik, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g*. — **Lippich**: Hydrodynamik, 3; Elektrostatik, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pick**: Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 3; Elemente der Zahlentheorie, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Weinek**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie, 2. — **v. Oppolzer**: Theorie der Figur der Himmelskörper, 2. — **Goldschmiedt**: Anorganische Chemie, 5; Chemische Experimentierübungen; Chemische Übungen; Analytisch-chemische Übungen für Mediziner; Übungen in sanitätspolizei-chemischen Untersuchungen und in der Prüfung der offiziellen chemischen Präparate für Physikatkandidaten; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, *g*. — **Brunner**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Gintl**: Anleitung zur Ausführung gerichtlich-chemischer Untersuchungen mit praktischen Übungen, 4. — **v. Garzarolli**: Ausmittelung der Gifte, 1; Qualitative Analyse, 2. — **Meyer**: Metalle, 2. — **Pelikan**: Physikalische Krystallographie, 5. —

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik II: Wellenlehre, Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Ausgewählte Kapitel der Undulationstheorie, 2; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl.; Kleines physikalisches Praktikum für Mediziner, Mathematiker, Chemiker u. s. w. (mit Wachsmuth), 6. — **Wachsmuth**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalische Messmethoden, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 2. — **Kümmell**: Physikalisch-chemische Übungen, a) für Anfänger, b) für Geübtere, 3; Thermochemie, 2. — **Michaelis**: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium, a) grosses Praktikum, 45, b) kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 6; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2. — **Störmer**: Analytische Experimentalchemie: Einführung in die anorganische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 3; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2. — **Staude**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1. —

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 10; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl., ausser Mittwoch; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elektrodynamik, 4. — **Hergesell**: Die Mechanik der Atmosphäre unter besonderer Berücksichtigung der Wärmeprozesse, 2, Hydrodynamische Probleme in Anwendung auf die Bewegungen der Atmosphäre, 1. — **Cantor**: Physikalische Chemie, 1. — **Fittig**: Allgemeine Experimentalchemie, unorganischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium (mit Rose, tägl., ausser Sonnabend. — **Köhl**: Grundzüge der theoretischen Chemie, 2. — **Roth**: Algebraische Analysis und Determinanten, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 2; Gewohnliche Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Krazer**: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 3; Übungen des mathematischen Seminars, untere Abteilung, 2. — **Reye**: Geometrie der Lage, 3; Analytische Mechanik, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Ausgewählte Kapitel der höheren Algebra, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein), 1½ *g*. — **Timerding**: Einleitung in die hohere Analysis, 2; Über Elastizität und Festigkeit, 1 *g*. — **Wellstein**: Darstellende Geometrie I, 2, Übungen, 4. — **Becker**: Spezielle Störungen und Ableitung der wahrscheinlichsten Elemente einer Planeten- oder Kometenbahn, 3; Über die gebräuchlichen Mikrometer und ihre Anwendung auf relative astronomische Ortsbestimmung, 1; Seminaristische Übungen und Kolloquium, *g*; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte. — **Wislicenus**: Photometrie des Himmels, 1; Abriss der neueren Geschichte der Astronomie, 1; Fixsternkunde in gemeinverständlicher Darstellung mit Demonstrationen, 1; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. — **Kobold**: Das Fixsternsystem, 2. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4, Übungen im physikalischen Laboratorium, tägl.; Theoretische Physik, 2; Meteorologie, 1. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Chemisch-physikalisches Kolloquium, 1. — **Hell**: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer), tägl., ausser Sonnabend; Organische Chemie, 5. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 1; Geschichte der Chemie in den letzten 100 Jahren, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2; Farbenchemie, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, tägl., ausser Sonnabend; Übungen in elektrolytischen Arbeiten. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse, 2. — **Philip**: Massanalyse, 1. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Dietrich**: Allgemeine Elektrotechnik, 6. Spezielle Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, tägl., ausser Sonnabend. — **N. N.**: Elektrotechnische Messkunde II, 3. Elektrotechnische Litteratur, 1. — **Haller**: Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Roth**: Niedere Analysis, 4. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Cranz**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen. — **Reuschle**: Kurvendiskussion in Beispielen, Übungen 1; Analytische Geometrie des Raumes, 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der neueren analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes einschliesslich Invariantentheorie, 3; Differential- und Integralrechnung II und III, 2, Übungen, 2; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Höhere Algebra, 3; Theorie der Transformationsgruppen mit Anwendung auf Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4. Übungen, 6; Synthetische Geometrie, 3. Übungen, 1. — **Hammer**: Ausgleichungsrechnung, 2; Höhere Geodäsie, 2; Abbildungen der Erdoberfläche auf die Ebene (Kartenprojektionen), 1, Übungen, 1; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung mit Übungen, 2. —

Universität Tübingen.

Oberbeck: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Meteorologie, 1. — **v. Hüfner**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner (mit Küster)

a) für Anfänger, 9, b) für Fortgeschrittene, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **v. Pechmann**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend, a) für Anorganiker, verbunden mit einem besonderen Kurs für Anfänger, ganz- und halbtägig (mit Paul), b) für Organiker, ganztägig. — **Paul**: Analytische Chemie II, 3; Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Wedekind**: Grundriss der Stereochemie, 1; Organische Synthesen und Methoden, 1. — **v. Brill**: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Über nichtstarre Systeme und die Mechanik von Hertz, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Höhere Algebra, 3; Anwendungen der Funktionentheorie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis II, 2, Übungen, 1; Sphärische Trigonometrie, 1, Übungen, 1; Zahlentheorie, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner, 4; Mathematische Ergänzungen hierzu, 1 *g.* — **Exner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Lehramtskandidaten, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 4, c) für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konservatorium, 1 *g.* — **Jäger**: Magnetismus und Elektrodynamik, 3; Elektrostatik, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 4; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1; Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und der Philosophie, 1. — **Tuma**: Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten für Lehramtskandidaten aus dem Gebiete des Magnetismus und der Elektrizitätslehre, 4. — **Lampa**: Physikalisches Praktikum für Mediziner, 1; Ausgewählte physikalische Probleme mit besonderer Berücksichtigung der zugehörigen klassischen Litteratur, 1. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie I, 2; Kapitel aus der Physik der Atmosphäre, 1½; Klima von Europa, 1½. — **Pernter**: Liest nicht. — **Trabert**: Sonnenstrahlung, 1. — **Benndorf**: Theorie der Wärmeleitung, 2. — **v. Schweidler**: Einführung in die neuere Physik (im Anschluss an das physikalische Praktikum), 2. — **Meyer**: Thermodynamik, 2. — **Hasenöhrl**: Theorie der Elastizität, 2. — **v. Escherich**: Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 5; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2. — **Gegenbauer**: Algebra III, 2; Zahlentheorie, 3; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Elemente der Differential- und Integralrechnung (auch für Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker), 5, Übungen, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1. — **Kohn**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Raumkurven 3. und 4. Ordnung, 1. — **Sersawy**: Vorlesungen über Versicherungsmathematik I: Zeitrenten, Versicherung einzelner Leben, 3, II: Versicherung verbundener Leben, Invaliditätsversicherung, 4. — **Tauber**: Analytische Mechanik, 3; Versicherungsmathematik, 4, Übungen, 2 *g.* — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Zsigmondy**: Flächen 2. Ordnung, 1. — **Daublebsky v. Sterneck**: Differentialgeometrie: Kurven- und Flächentheorie, 3. — **Weiss**: Theoretische Astronomie, 4. — **Schram**: Astronomische Rückrechnung überlieferter Himmelserscheinungen und deren Anwendung in der Chronologie, 2. — **Hillebrand**: Theorie der speziellen Störungen, 3. — **Hartl**: Grundzüge der Landesvermessung und der Kartographie, mit Konstruktions- und Zeichenübungen, hauptsächlich für Geographen, 5. — **Lieben**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, mit Berücksichtigung auch medizinischer Hörer, 5; Chemische Übungen, a) für Anfänger, 5 Tage, b) für Mediziner, 4; Arbeiten im chemischen Laboratorium, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie I: Chemie der Fettkörper, für Mediziner, Pharmazeuten und Chemiker, 3; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Alkaloide, 1; Analytische Chemie, a) Qualitativer Teil, 2, b) Quantitativer Teil, 2. — **Wegscheider**: Elektrochemie, 1. — **Natterer**: Methoden der chemischen Analyse, 1. — **Fossek**: Liest nicht. — **Zeisel**: Zuckerarten, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel aus der Nahrungsmittelkunde, insbesondere für Kandidaten der Nahrungsmittelexpertise, 3. — **Blau**: Terpene und Kampfer, 1; Besprechung der neueren Litteratur, 1. — **Vortmann**: Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Pomeranz**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 2. —

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik; Optik für die Hörer des geodätischen Kurses; Physik für Chemiker; Mechanische Wärmetheorie. — **Tuma**: Übungen in der Auflösung physikalisch-technischer Rechenbeispiele. — **Hochenegg**: Elektrotechnik. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen; Projektierung elektrischer Anlagen. — **Reithoffer**: Elektromotoren für ein- und mehrphasigen Wechselstrom. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure; Erdmagnetismus. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre. — **Radinger**: Maschinenbau I. — **Hauffe**: Maschinenbau II. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde; Eisenbahnbetriebsmittel. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung etc. — **Allé**: Mathematik I. — **Czuber**: Grundlehren der höheren Mathematik; Mathematik II; Wahrscheinlichkeitsrechnung. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik I und II. — **Reich**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra. — **Sterneck**: Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur. — **Peschka**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen; Einleitung in die projektive Geometrie. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik; Encyklopädie der Mechanik; Analytische Mechanik. — **N. N.**: Technische Mechanik I, II. — **Schell**: Elemente der Geodäsie; Praktische Geometrie; Situationszeichnen; Photogrammetrie. — **Tinter**: Höhere Geodäsie I, II; Übungen im geodätischen Rechnen. — **Bauer**: Allgemeine Chemie I, II; Übungen im Laboratorium der allgemeinen Chemie. — **Vortmann**: Analytische Chemie; Übungen im Laboratorium der analytischen Chemie. — **Bamberger**: Encyklopädie der anorganischen und organischen technischen Chemie; Agrikulturchemie; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie. — **Wegscheider**: Einleitung in die theoretische und physikalische Chemie. — **Paweck**: Elektrochemie. — **Perger**: Chemie der aromatischen Verbindungen; Chemische Technologie der organischen Stoffe; Übungen im Laboratorium. — **Oser**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe; Übungen im Laboratorium. — **Kick**: Mechanische Technologie I u. II. — **Hauptfleisch**: Mechanische Technologie III. — **Höhnel**: Technische Warenkunde; Technische Mikroskopie; Übungen im technisch-mikroskopischen Laboratorium. — **Strache**: Beleuchtungswesen. — **Lippmann**: Chemie der aromatischen Verbindungen. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie; Photographisches Praktikum. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 resp. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **Prym**: Differentialrechnung, 4; Höhere Funktionentheorie, 4; Im Unterseminar: Übungen zur Differentialrechnung, 2 *g*; Im Oberseminar: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2 *g.* — **Voss**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die Theorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Seminar: Übungen in der analytischen und synthetischen Geometrie der Kegelschnitte, 2 *g.* — **Selling**: Mechanik, 4; Algebra, 4; Beschreibende Astronomie, 1. — **Hantzsch**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig; Organisches Vollpraktikum, tägl., ausser Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Wislicenus und Tafel), tägl. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4;

Gerichtliche Chemie, 2; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz und halbtägig. — **Wislicenus**: Analytische Chemie, 3; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Hantzsch), halb- und ganztägig. — **Tafel**: Isocyklische Verbindungen, 2. — **Reitzenstein**: Über Alkaloide II, 1. — **Ley**: Theorie der Lösungen, 2; Übungen in der Behandlung von Aufgaben aus der allgemeinen Chemie, 1. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Physik, 2; Über elektrische Strahlungserscheinungen, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 1/2 Tag; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Burkhardt**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Kraft**: Neuere synthetische (projektivische) Geometrie, 4; Analytische Geometrie, 2; Analytische Mechanik der elastischen festen Körper, Hydromechanik, Aeromechanik, 4; Übungen in der höheren Mathematik, 2 *g*. — **Weiler**: Analytische Geometrie mit Übungen, 4; Darstellende Geometrie mit Übungen, 4; Synthetische Geometrie, 2; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Theorie und Auflösung der höheren Gleichungen, mit Übungen, 3; Inhalt und Methode des mathematischen Unterrichtes in der Mittelschule II: Der Unterricht in den Oberklassen, 2; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Mechanik des Himmels, 2. — **Abeljanz**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Qualitative chemische Analyse, 2; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner, 3 Tage; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgerücktere, tägl.; Chemische Übungen für Lehramtskandidaten, 2 Tage. — **Werner**: Organische Chemie II, 4; Chemisches Vollpraktikum für Chemiker: Analyse, präp. Arbeiten, physikalisch-chemische Übungen und Leitung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Mediziner, u. s. w., halbtägig; Chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten; Vorträge und Diskussion über ausgewählte Kapitel der Chemie (für Vorgerücktere), ein Abend, *g*. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1 bis 2; Physikalisch-chemische Methoden, 1 *g*. — **Feist**: Chemie der Pyridinderivate, 1; Kursorische Übersicht über die organischen Farbstoffe, 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie IX, 1. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4; Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Die partiellen Differentialgleichungen der Physik, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24; Praktische Arbeiten über Wechselströme und Wechselstrommotoren, 4. — **Pernet**: Physik II, 4; Repetitorium, 1; Mathematische Ergänzung zur Vorlesung über Physik, 1; Physikalisches Kolloquium, 1; Über Längenmessungen und Bestimmungen von Ausdehnungskoeffizienten, 1; Anleitung zum physikalischen Praktikum, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 bezw. 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im physikalischen Laboratorium (für Vorgerücktere), 4, 6, 12 bezw. 24. — **Lorenz**: Allgemeine Elektrochemie, 2; Chemische Dynamik, 1; Die Elektrochemie der geschmolzenen Salze, 1; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrochemisches Praktikum für Vorgerücktere, 15; Thermochemisches Praktikum (mit Constam), 1/2 Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Constam), tägl. — **Constam**: Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Thermochemisches Praktikum (mit Lorenz), 1/2 Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Lorenz), tägl. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. — **Wyssling**: Bau von Dynamomaschinen und elektrischen Centralanlagen II, 4; Maschinenkonstruieren, Dynamobau, 6; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3; Repetitorium, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Telegraphie und Telephonie, 1 *g*; Militärtelegraphie und -Telephonie, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Mechanik des Himmels, 2. — **Decher**: Vermessungskunde, 5; Repetitorium, 1; Vermessungsübungen, 2, Erdmessung, mit Repetitorium, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **Beyel**: Geometrische Einleitung in die graphische Statik, 2 *g*; Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Hurwitz**: Differentialrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1. — **Hirsch**: Theorie der Transformationsgruppen, 2. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4; Repetitorium, 1; Elemente der Ballistik, 1; Mathematisches Seminar (mit Minkowski), 2. — **Minkowski**: Zahlentheorie, 4; Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar (mit Geiser), 2. — **Herzog**: Mechanik II, 4; Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 4; Repetitorium, 1; Übungen, 4; Konstruierende Geometrie der Lage, 3. — **Keller**: Theorie der Centralprojektion mit Anwendung auf die praktische Perspektive, 2; Die Lehre von der Projektivität mit Anwendung auf die Kurven II. Grades, 2; Auflösung der allgemeinen Gleichungen III. und IV. Grades, sowie beliebiger Gleichungen durch Annäherung, 2. — **Franel**: Calcul différentiel, 4; Répétition, 1; Exercices, 2; Théorie des équations différentielles, 4, Répétition, 1. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 4; Répétition, 1; Exercices, 4; Géométrie de position, 2. — **Dina**: Berechnung elektrischer Leitungen, 1 *g*. — **Farny**: Quelques aperçus d'électrotechnique, 1. — **Kraft**: Analytische Mechanik der elastischen festen Körper, Hydromechanik, Aromechanik, 4. — **Weilemann**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Weiler**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 4. — **Bamberger**: Anorganische Chemie, 6; Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2; Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 u. 24; Analytisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Feist**: Chemie der Pyridinderivate, 1; Übersicht über die künstlichen organischen Farbstoffe, 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 9. Serie, 1 *g*. — **Guye**: Calcul graphique des courants alternatifs, 1; Les installations électrochimiques, 2. — **Schulze**: Anorganische Chemie, mit Repetitorium, 4; Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, Chemie des Molkereiwesens, 2; Übungen im agrikultur-chemischen Laboratorium, 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Treadwell**: Analytische Chemie I, 2; Gasanalyse mit Übungen, 1; Lebensmittelanalyse mit Übungen, 2; Chemie, 2; Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 u. 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Chemie der Milch und Milchprodukte, 2; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1. Chemisches Kolloquium, 1. —

Personalien.

Der ausserordentliche Professor der Baumechanik der deutschen technischen Hochschule in Prag Regierungsrat v. Ott tritt in den Ruhestand.

Die Zulassung des ausserordentlichen Professors an der Bergakademie in Pribram August Harpf als Privatdozent für Technologie der Papierstoffe an der deutschen technischen Hochschule in Prag ist bestätigt worden.

Der ordentliche Professor der mathematischen Physik an der böhmischen Universität in Prag Dr. Franz Kolacek ist zum ordentlichen Professor der Physik an der böhmischen technischen Hochschule in Brünn ernannt worden.

Dem Privatdozent der Chemie Dr. Vorländer in Halle a.S. wurde das Prädikat Professor verliehen.

Professor Dr. Le Blanc in Frankfurt, der früher in Leipzig dozierte und seit einigen Jahren an den Höchster Farbwerken thätig war, erhielt einen Ruf als ordentlicher Professor und Direktor des neu zu schaffenden Instituts für physikalische Chemie, insbesondere Elektrochemie an der Technischen Hochschule in Karlsruhe erhalten; er wird diesem Ruf voraussichtlich zum 1. April 1901 Folge leisten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 51. 22. September 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Wirkung der Magnetisierung auf die Torsionselastizität von Stäben.

Von James S. Stevens.[1]

In einer früheren Nummer dieser Zeitschrift[2] wurden eine Reihe von Versuchen beschrieben, welche im hiesigen Laboratorium angestellt waren, um die Wirkung der Magnetisierung auf den Elastizitätsmodul der Biegung zu untersuchen. Im Folgenden soll die Wirkung auf die Torsionselastizität behandelt werden.

Bei den in Frage stehenden Versuchen wurden 3 Arten cylindrischer Stäbe benutzt: Ein Eisenstab, 183 cm lang und 0,48 cm Durchmesser; ein Stahlstab von denselben Abmessungen; und schliesslich wurde der Eisenstab auf 163 cm verkürzt. Zum Zwecke der Magnetisierung der Stäbe diente eine aus 2 Lagen von Nr. 16 Draht bestehende Wickelung mit 1612 Windungen. Die Länge der Spule betrug 132,1 cm. Das eine Ende des Stabes war fest in eine Eisenplatte verschraubt, die ihrerseits an einer massiven Wand befestigt war, während das andere Ende einen Hebelarm mit einem Gewichte trug, welches die zum Torsieren erforderliche Kraft lieferte.

Der Stab erhielt zunächst durch Auflegen von Gewichten bekannter Grösse seine Drillung; darauf wurde der Strom durch die Spule geschickt, und es konnte nun in jedem einzelnen Falle bei genügender Stromstärke ein Steigen des Gewichtes beobachtet werden. Letzteres ergab somit ein Anwachsen der Torsionselastizität.

Um die Grösse des Anwachsens der letzteren zu bestimmen, wurden zwei Methoden benutzt: Zunächst wurde ein Spiegel an dem Stabe befestigt und seine Drehung direkt mit Fernrohr und Skala gemessen; für exaktere Bestimmungen diente ein System von Zahnrädern, welches die Skalenablesungen 9,43 mal vergrösserte.

Eine ausgedehnte Reihe von Messungen, deren Ergebnisse in Tabellen eingereiht und ausgewertet wurden, führte zu folgenden Schlüssen:

1. Magnetisierung eines Eisen- oder Stahlstabes vergrössert die Torsionselastizität.

2. Der Effekt ist bei Eisen grösser als bei Stahl.

3. Das Anwachsen der Elastizität verändert sich mit der Länge des Stabes.

Physikal. Laboratorium der Universität von Maine, Orono, Maine.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

(Eingegangen 12. August 1900.)

1) Ausführlich in Physic. Review, **10**, 161, 1900.
2) Vgl. Heft **21**, 234, 1900.

Über eine Dissoziationstheorie des elektrischen Flammenbogens[1] und über die Geschwindigkeit der von ihm fortgeschleuderten Ionen.[2]

Von C. D. Child.

Die Erscheinung, welche darauf schliessen lässt, dass es in dem Flammenbogen eine wirkliche elektromotorische Gegenkraft giebt, ist schon lange bekannt. Erst kürzlich hat Blondel[3] vergeblich versucht, eine solche elektromotorische Gegenkraft nachzuweisen, nachdem die primäre E. M. K. enfernt war, obgleich ihm sein Apparat

1) Physic. Review, **10**, 151, 100.
2) New Yorker Versammlung der Americ. Assoc. for the Advancement of Science.
3) C. R. **125**, 164.

0.15 eines Volt angezeigt haben würde, wenn es auch nur während $\frac{1}{200}$ einer Sekunde gewirkt hätte. Überdies zeigt eine soeben von Hotchkiss veröffentlichte Untersuchung, die mit einem bereits früher beschriebenen Apparate[1]) ausgeführt wurde, dass, wenn es eine scheinbare elektromotorische Gegenkraft giebt, dieselbe viel kürzer als $\frac{1}{200}$ einer Sekunde andauert.

Diese Thatsachen machen die augenscheinliche elektromotorische Gegenkraft zu einer Erscheinung, die schwierig durch die bisher gebräuchlichen Annahmen zu erklären ist.

Die Erscheinung des Flammenbogens kann indessen durch die Annahme erklärt werden, dass der Strom im Bogen durch Ionen vermittelt wird. Der augenscheinliche Abfall des Widerstandes mit wachsendem Strome würde dem Umstande zuzuschreiben sein, dass, wenn der Strom wächst, auch der Betrag der entwickelten Hitze zunimmt; durch letztere wird eine grössere Ionisierung verursacht, und der Strom wird deshalb durch eine grössere Zahl von Ionen mit augenscheinlich geringerem Widerstande übermittelt.

Die Erklärung für das Potentialgefälle im Bogen selbst ist ähnlich jener, die Zeleny[2]) für das Potentialgefälle zwischen Platten, zwischen denen eine Entladung durch X-Strahlen hervorgerufen wird, giebt. Das Potential im Bogen wird bekanntlich durch die Gegenwart der den Strom übermittelnden Ionen definiert. Der Totaleffekt hiervon muss eine augenscheinliche elektromotorische Gegenkraft erzeugen, und es ist sogar wahrscheinlich, dass er durch eine so kleine Elektrizitätsmenge verursacht ist, dass kein Messstrom irgend welche Nachwirkung entdecken konnte.

Um indessen für den grösseren Potentialabfall an der positiven Kohle eine Bestimmung zu ermöglichen, ist die Annahme erforderlich, dass im Bogen ein Überschuss von negativen Ionen existiert, und die hieraus mit Notwendigkeit folgende weitere Annahme, dass die positiven Ionen sich mit grösserer Geschwindigkeit als die negativen in demselben Potentialgefälle bewegen. In allen Fällen von Gasentladungen, welche vorläufig untersucht worden sind, ergab sich für die negativen Ionen die grössere Geschwindigkeit, und es giebt bis jetzt noch keinen positiven Beweis, dass das Gegenteil beim Flammenbogen der Fall ist. Immerhin deuten einige Thatsachen darauf hin, dass hier die positiven Ionen thatsächlich die grössere Geschwindigkeit haben.

Eine Anzahl von Photographien, die N. H. Brown[1]) aufgenommen hat, zeigen, dass das Licht eines durch Wechselstrom erzeugten Flammenbogens schneller an der positiven Kohle wechselt als an der negativen. Das würde ganz natürlich sein, wenn die positiven Ionen, welche zweifellos die positive Lichtseite begleiten, die grössere Geschwindigkeit hätten.

Des weiteren wurden Versuche, die sich auf den Gasdruck in der Nähe des Bogens bezogen, angestellt. Zu diesem Zwecke wurden kleine Löcher durch die Kohlenstifte gebohrt, deren eines Ende möglichst nahe am Mittelpunkte des Bogens auslief, während das andere Ende mit einem empfindlichen Manometer verbunden war. Diese Methode ist dieselbe, die Prof. Chattock[2]) angewandt hat, um Geschwindigkeiten der Ionen für den Fall der Entladung zwischen einer Spitze und einer ebenen Platte zu bestimmen. Bei dem Flammenbogen war der Druck an der positiven Kohle der grössere. Dieses lässt auf einen Überschuss der negativen Ionen im Bogen und folglich auf eine grössere Geschwindigkeit der positiven Ionen schliessen.

Seitdem ich dieses Experiment gemacht habe, habe ich in Erfahrung gebracht, dass ich nur mit einem anderen Apparate eine Untersuchung Dewars[3]) wiederholt habe. In beiden Fällen waren die Resultate dieselben. Die von Dewar angegebene Erklärung war gänzlich verschieden von der hier gegebenen, ausserdem wurde von ihm kein Versuch zur Berechnung des grösseren Druckes an der positiven Kohle gemacht.

Einen vorläufigen Bericht der weiteren Arbeit habe ich der New Yorker Versammlung der American Association for the Advancement of Science vorgelegt. Diese Arbeit behandelte nicht den Flammenbogen an sich, sondern die Ionen, welche aus dem Bogen durch das elektrische Feld herausgeschleudert werden.

Die hierbei benutzte Versuchsordnung ist eine Abänderung der von Prof. J. J. Thomson[4]) zur Untersuchung eines nur von gleichnamigen Ionen erfüllten elektrischen Feldes angewendeten. Es lässt sich zeigen, dass sich bei einer Ionisationsquelle, wie sie der elektrische Flammenbogen ist (bei der ein Überfluss von Ionen beider Arten vorhanden ist), der Betrag der Entladung nach einem gesondert aufgestellten Körper durch einen von Ionen freien Raum hindurch aus der hemmenden Wirkung bestimmen lässt, welche diese Ionen im Felde erleiden. Je langsamer die Bewegung der Ionen ist, desto grösser ist die Zahl derselben, unter sonst gleichen Umständen; folglich ist die Wirkung auf das Potential um so grösser, je kleiner das Potentialgefälle an der Quelle der Ionisierung

1) Physic. Review, **8**, 152
2) Phil. Mag. (5) **46**, 120.

1) Physic. Review, **7**, 210.
2) Phil. Mag. (5) **48**, 401.
3) Chem. News, **45**, 37.
4) Phil. Mag. (5) **47**, 265.

und je kleiner die Anzahl der aus dieser Quelle weggeschleuderten Ionen ist. Daher wird die Entladung von einer unbegrenzten Ionenquelle um so grösser sein, je grösser die Geschwindigkeit der Ionen ist.

Auf diesem Wege können wir die positiven und negativen Geschwindigkeiten in vielen Fällen vergleichen, in denen die Gleichung von Prof. Thomson nicht anwendbar ist, indem man einfach die hervorgerufene Entladung misst.

Diese Methode wurde bei der Entladung von einem Bunsenbrenner nach einer Platte geprüft. Wie erwartet, erhielt man für die negativen Ionen die grössere Geschwindigkeit, und die Abnahme der Geschwindigkeit beider, der negativen und positiven, wuchs stark, sobald sich die Ionen weiter von der Flamme wegbewegten.

Aber für den Fall der Entladung eines zwischen zwei Kohlenstiften bestehenden Flammenbogens nach einer benachbarten Platte erhielt man für die positiven Ionen eine sichtlich grössere Geschwindigkeit. Es wurde gezeigt, dass diese Thatsache weder eine Wirkung des ultravioletten Lichtes noch der Entladungsstrahlen[1]) sein konnte. Verschiedene Wege wurden zur Prüfung dieses Ergebnisses benutzt, aber immer erhielt man dasselbe Resultat.

Im Falle eines Flammenbogens zwischen zwei Metallen war die Erscheinung so unregelmässig, dass bis jetzt nichts Endgiltiges ermittelt werden konnte.

1) Wied. Ann. **60**, 269.

Die Untersuchung der Entladung einer Sauerstoff-Wasserstoffflamme zu einer benachbarten Platte ergab, dass, sobald die Flamme den Kohlenstift berührte, die positiven Ionen sich um ein geringes schneller als die negativen bewegten. Entfernte man den Kohlenstift, so verhielt sich die Flamme wie ein Bunsenbrenner. Traf die Flamme ein Metall, so schienen sich die negativen Ionen schneller zu bewegen. Dies kann seinen Grund darin haben, dass die Metalle schmelzen, bevor sie die Temperatur der Kohle erreichen. Die negativen Ionen bewegten sich schneller, sobald die Flamme nicht stark brannte, selbst wenn sie einen Kohlenstift traf. Dies zeigt, dass es unter gewissen Bedingungen möglich ist, dass die positiven Ionen sich schneller als die negativen bewegen, und es bildet dies eine starke Stütze für die Annahme, dass dieselbe Erscheinung beim Flammenbogen auftritt.

Ob die schnellere Bewegung der positiven Ionen in diesen Fällen der Gegenwart der Kohle in einer flüchtigen Form oder irgend einer andern Ursache zuzuschreiben ist, konnte bis jetzt nicht konstatiert werden. Die weitere Arbeit muss hierüber Auskunft geben.

Colgate Universität, 18. Juli, 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

(Eingegangen 1. August 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

V. Bjerknes, Die hydrodynamischen Fernkräfte nach der C. A. Bjerknesschen Theorie.

Die erste Anregung zu seinen Untersuchungen über hydrodynamische Fernkräfte empfing C. A. Bjerknes 1855/56 durch eine Vorlesung Dirichlets über partielle Differentialgleichungen, in welcher unter anderem auch das Problem einer bewegten Kugel in einer inkompressiblen reibungslosen Flüssigkeit behandelt wurde. Das zunächst paradox erscheinende Ergebnis der Rechnung, wonach die Kugel bei gleichförmiger Bewegung von der umgebenden Flüssigkeit keinen Widerstand erfährt, sondern sich gleichförmig wie im leeren Raume fortbewegt, führte ihn zu der Idee, dass es wohl möglich sein müsste, sich den ganzen Raum mit einer solchen Flüssigkeit ausgefüllt zu denken, welche die Wechselwirkung der körperlichen Teilchen vermittelt, ohne die Gültigkeit der Galilei-Newtonschen Bewegungsgesetze aufzuheben, und dass bei einer solchen Vorstellung die Annahme von unvermittelten Fernwirkungen, an der schon Euler Anstoss genommen, entbehrt werden könne. Befinden sich nämlich in der Flüssigkeit eine Anzahl fester Körper (die körperlichen Moleküle), die sich Bjerknes der Einfachheit halber meist als elastische Kugeln vorstellt, deren Durchmesser gegenüber ihren Abstanden verschwinden, so werden die Schwingungsbewegungen der einzelnen Kugeln die umgebende Flüssigkeit in Mitschwingung versetzen und ihren Druck auf die anderen Kugeln modifizieren, also einen indirekten Einfluss auf die Bewegung dieser Kugeln ausüben, der von einem Beobachter, der die Flüssigkeit selbst nicht wahrnimmt, als Wirkung in die Ferne aufgefasst werden müsste. Es handelt sich also zunächst darum, die Bewegungsgesetze solcher Kugelsysteme in einer Flüssigkeit nach den Prinzipien der Hydrodynamik rein mathematisch zu untersuchen, um dann die so gewonnenen Druckkräfte mit den empirisch beobachteten „Fernwirkungen" vergleichen

zu können. Die Untersuchung zerfällt in zwei Teile: einen kinematischen und einen kinetischen, deren einer die durch die bewegten Körper bedingte Bewegung der Flüssigkeit rein geometrisch betrachtet, während der andere die bei dieser Bewegung auf die Körper ausgeübten Druckkräfte zu bestimmen hat.

Die Flüssigkeit wird als inkompressibel und wirbelfrei vorausgesetzt, besitzt also ein Geschwindigkeitspotential φ, das im Innern überall die Laplacesche Differentialgleichung $\Delta\varphi = 0$ befriedigt; an der Oberfläche der festen Körper aber muss die „lamellare Grenzbedingung" gelten, d. h. die Normalkomponenten der Geschwindigkeit auf beiden Seiten, in Körper und Flüssigkeit, müssen stetig ineinander übergehen; im Unendlichen soll die Flüssigkeit ruhen. Durch diese Bedingung ist die gesamte Geschwindigkeitsverteilung in der Flüssigkeit eindeutig bestimmt, wenn die Bewegungen der eingebetteten festen Körper selber gegeben sind. Eine sich ausdehnende oder kontrahierende Kugel erzeugt z. B. das Geschwindigkeitspotential $= \frac{E'}{4\pi r}$ in der Flüssigkeit, wenn mit E' der Differentialquotient ihres Volumens und mit r der Abstand von ihrem Mittelpunkte bezeichnet wird, und die Stromlinien sind immer geradlinige vom Mittelpunkt ausgehende Strahlen. Für eine fortschreitende Kugel dagegen ist das Geschwindigkeitspotential der Flüssigkeit proportional dem Differentialquotienten $\frac{\partial}{\partial s}\frac{1}{r}$ nach der Fortschreitungsrichtung, und man erkennt schon hier die Analogie der beiden betrachteten Felder mit denen eines elektrischen Poles und eines Elementarmagneten. Sind mehrere Kugeln in Bewegung, deren Radien klein sind gegen ihre Abstände, so erhält man eine angenäherte Darstellung des Feldes durch Superposition der von den einzelnen Kugeln erzeugten Felder, d. h. durch einfache Addition der einzelnen Geschwindigkeitspotentiale. Genauere Lösungen des Problems ergeben sich durch Entwicklung des Potentiales nach Kugelfunktionen und durch successive Korrektion. In der Umgebung einer einzelnen Kugel nimmt man zunächst den „Einfallsstrom" als gegeben an, d. h. die Bewegung der Flüssigkeit, die hier herrschen würde, wenn die Kugel selbst nicht vorhanden wäre, und bestimmt nun die durch ihr blosses Vorhandensein hervorgerufene Störung, ihren „Reaktionsstrom" und den Einfluss ihrer Bewegung, also ihr „Aktionspotential". Hier genügt es in der Regel, die Entwicklung der Potentiale mit den Gliedern zweiter Ordnung abzuschliessen, sich also zu beschränken auf die Verbindung eines „Parallelfeldes" mit einem „linearen Deformationsfelde". Wird nun aber die berechnete Störung als Korrektion eingeführt in den Einfallsstrom der übrigen Kugeln, so kann man durch Fortsetzung des Verfahrens jede gewünschte Genauigkeit erreichen.

Die Bewegung der Flüssigkeit, also das Geschwindigkeitspotential, werde nunmehr als gegeben vorausgesetzt, dann kann man den Druck an jeder Stelle, auch an den Grenzen der festen Körper berechnen, und durch Integration über eine ganze Kugeloberfläche erhält man die gesamte von der Flüssigkeit auf die Kugel wirkende Druckkraft, deren Angriffspunkt in den Mittelpunkt verlegt werden kann. Die Ausdrücke vereinfachen sich wieder durch Fortlassung der höheren Glieder, und die gefundene Druckkraft kann man nun, was für die Bjerknessche Theorie charakteristisch ist, als Resultante von zwei Kräften darstellen, welche ein verschiedenes Verhalten aufweisen und einzeln studiert werden können. Die erste mit den Komponenten

$$X_i = -q\frac{d}{dt}\left[E\left(\tfrac{1}{2}a' - \tfrac{3}{2}\alpha'\right)\right]$$

$$Y_i = -q\frac{d}{dt}\left[E\left(\tfrac{1}{2}b' - \tfrac{3}{2}\beta'\right)\right]$$

$$Z_i = -q\frac{d}{dt}\left[E\left(\tfrac{1}{2}c' - \tfrac{3}{2}\gamma'\right)\right]$$

(wo q die Dichtigkeit der Flüssigkeit, E das Volumen der Kugel, a', b', c' ihre Geschwindigkeit und α', β', γ' die der umgebenden Flüssigkeit bedeuten) hat die Form eines vollständigen Differentialquotienten und wird wegen ihrer Analogie mit der elektrischen Induktion die „Induktionskraft" genannt, während die andere, deren Komponenten X_e, Y_e, Z_e sich als Aggregate von Geschwindigkeitsprodukten darstellen, als „Energiekraft" bezeichnet wird. Eine weitere Unterscheidung in „temporäre" und „permanente" Komponenten gründet sich ebenfalls auf elektromagnetische Analogien. Bei kleinen Schwingungen, Pulsationen und Oscillationen der Kugeln, kann die „induzierte Geschwindigkeit", d. h. die durch die Induktionskraft erzeugte, zwar beliebige Werte annehmen, muss aber beständig ihre Vorzeichen wechseln, sodass die entstehenden Lageänderungen immer nur sehr klein bleiben, während die Energiekraft zwar nur kleine Geschwindigkeiten, aber dauernde Lageänderungen hervorrufen kann. Nur die letztere wird bei der Integration über die Schwingungsperiode einen nicht verschwindenden Mittelwert besitzen.

Das erste Glied der Induktionskraft

$$X_{i1} = -\tfrac{1}{2}q\frac{d}{dt}(Ea')$$

wirkt lediglich wie eine Vergrösserung der trägen Kugelmasse, die folgenden dagegen hängen von der Bewegung der übrigen Kugeln ab und können als scheinbare „Fernkräfte" aufgefasst werden.

Diese Kräfte sind nun, soweit sie sichtbare Lageveränderungen der Kugeln hervorrufen, unabhängig von der Geschwindigkeit des Angriffspunktes, genügen dem Prinzipe von Wirkung und Gegenwirkung und setzen sich nach der Parallelogrammregel zusammen. In einem solchen Systeme schwingender Kugeln würde also ein Beobachter, der weder die Flüssigkeit noch die kleinen Schwingungen selbst wahrnehmen kann, alle Sätze der klassischen Mechanik verwirklicht sehen. Ausserdem sind diese Fernkräfte für kleine Kugeldurchmesser mit grosser Annäherung den Quadraten der Abstände umgekehrt proportional und sind überhaupt den Formeln der elektromagnetischen Phänomene, soweit die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit noch nicht in Betracht kommt, ganz analog gebaut in der Weise, dass immer einer pulsierenden Kugel ein elektrischer Pol, einer oscillierenden ein Elementarmagnet entspricht. Nur das Vorzeichen ist das umgekehrte: zwei gleichnamige Pole müssten sich anziehen, anstatt sich abzustossen, und umgekehrt. Eine durchführbare physikalische Hypothese zur Erklärung der elektromagnetischen Erscheinungen wird also durch die Bjerknessche Theorie vorläufig nicht gegeben, wohl aber der augenfällige Hinweis auf die Möglichkeit, Fernkräfte von der betrachteten Beschaffenheit ohne neue spezifische Annahmen über die Konstitution des Äthers auf hydrodynamischen Druck allein zurückzuführen. Eine ausführliche Darstellung dieser Theorie in mathematischer Form befindet sich in dem kürzlich erschienenen ersten Bande seiner „Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte" (Leipzig 1900) von der Hand desselben Verfassers. E. Zermelo.

(Eingegangen 10. September 1900.)

Aimé Witz, Die Fortschritte in der Theorie der Wärmekraftmaschinen. 11 Seiten.

1. Die Dampfmaschine.

Den ersten Dampfmaschinentheorien von Poncelet und de Pambour, die vor der Kenntnis der mechanischen Wärmetheorie aufgestellt wurden, lagen unzutreffende Annahmen über das Verhalten des gesättigten Wasserdampfes zu Grunde. Mit der Ausgestaltung der Thermodynamik wurden auch diese Annahmen richtig gestellt. Nunmehr kann man eine allgemeine Theorie der Dampfmaschine unterscheiden, in der man von der Einwirkung der Cylinderwandung auf den Dampf und von sonstigen Unvollkommenheiten absieht, und eine experimentelle Theorie, die den Einfluss aller Unvollkommenheiten zahlenmässig zu ermitteln sucht.

In der allgemeinen Theorie nimmt man an, dass der Dampf einen geschlossenen Kreisprozess beschreibe. Der kondensierte Dampf wird als Speisewasser in den Dampfkessel übergeführt und dort bei konstantem Volumen bis zur Kesseltemperatur erhitzt. Hierauf findet die Verdampfung und die Überführung des erzeugten Dampfes in den Cylinder unter konstantem Druck statt. Man nimmt dabei an, dass der Cylinder wärmedicht ist, dass also Wärmeverluste bei der Überführung und auch während der darauf folgenden Expansion nicht entstehen. Die Expansion, die somit adiabatisch ist, denkt man sich bis zum Kondensatordrucke fortgesetzt und hierauf den Dampf bei konstantem Kondensatordruck vollständig verflüssigt. Auf Grund der Thermodynamik und der Dampftabellen lässt sich für den so beschriebenen Kreisprozess leicht ausrechnen, wieviel Arbeit 1 kg Dampf leistet, und wieviel von der im Dampfe enthaltenen Wärme in Arbeit umgesetzt wird. Der Nutzen, den diese Rechnung nach dem Verfasser besitzt, besteht in Folgendem: sie lässt den Vorteil hoher Kesseltemperatur und niedriger Kondensatorspannung, sowie den Einfluss der Beschaffenheit des Frischdampfes auf die Wärmeausnutzung erkennen; es lassen sich ferner an ihr Berichtigungen hinsichtlich des Einflusses der unvollständigen Expansion, der Arbeit der Speisepumpe und Luftpumpe, des schädlichen Raumes, der Druckverluste u. s. w. anbringen. Der Verfasser sagt weiter: „Man kann nicht leugnen, dass diese allgemeine Theorie grosse Dienste geleistet hat und dass sie viel zum Fortschritte der Dampfmaschinen beigetragen hat. Aber man muss gestehen, dass die so erhaltenen Zahlen nicht auf grosse Genauigkeit Anspruch machen können, weil sie auf mehr oder minder zutreffende Hypothesen gegründet sind."

Diese Beurteilung der allgemeinen Theorie, d. h. der Rechnung mit dem verlustlosen Kreisprozess im wärmedichten Cylinder, dürfte nicht ganz zutreffend sein. Wie Referent kürzlich in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900 ausgeführt hat, darf man bei dem der Rechnung zu Grunde zu legenden Kreisprozess freilich nicht vollständige Expansion bis auf den Kondensatordruck annehmen, man muss vielmehr den Expansionsgrad, der in der jeweilig zu beurteilenden Maschine oder Maschinengattung wirklich vorhanden ist, der Rechnung zu Grunde legen. Nur dann erhält man ein zutreffendes Bild von dem Einfluss, den die Erhöhung der Kesselspannung, die Erniedrigung des Kondensatordruckes u. s. w. durch Verbesserung des Kreisprozesses auf die Wärmeausnutzung ausübt. Notwendig aber ist die Berechnung dieses Kreisprozesses, sollen die Leistungsergebnisse einer ausgeführten Maschine beurteilt werden.

Denn, vergleicht man die Arbeit, die in diesem Kreisprozess 1 kg Dampf leistet mit derjenigen, die in der ausgeführten Maschine durch 1 kg wirklich geleistet wird, so hat der Unterschied beider Werte eine von jeder Hypothese freie, fest bestimmte Bedeutung: er giebt die Grösse des Arbeitsverlustes an, der in der ausgeführten Maschine durch die Einwirkung der Wandung, durch Druckverluste, durch das Vorhandensein der schädlichen Räume und durch Undichtheiten wirklich verursacht wird. Dieser Arbeitsverlust muss aber bei jedem Leistungsversuche ermittelt werden, soll eine einwandfreie Beurteilung der Dampfmaschine möglich sein. Leider hat man freilich bisher diese Ermittelung verabsäumt.

Die Begründung der experimentellen Theorie verdanken wir Hirn, der durch seine Versuche den bedeutenden Einfluss des Wärmeaustausches mit der Wandung auf den Dampfverbrauch nachgewiesen und richtige Anschauungen darüber verbreitet hat. Nach den Gleichungen von Hirn kann auf Grund der an der Maschine erhaltenen Indikatordiagramme berechnet werden, wieviel Wärme während der Füllung, während der Expansion, Ausströmung und Kompression an die Wandung übergeht oder von der Wandung an den Dampf zurückgeleitet wird. Dabei muss allerdings eine Hypothese über den Zustand des Dampfes bei Beginn der Kompression gemacht werden. Dwelshauvers-Dery hat in seinen Wärmeaustausch-Diagrammen die Grösse des Wärmeaustausches in hübscher Weise graphisch dargestellt.

Die Behandlung der Kreisprozesse der Wärmekraftmaschinen kann in mancher Beziehung ergänzt und erleichtert werden, wenn man nach dem Vorgang von Belpaire bei der Aufzeichnung der Diagramme an Stelle der pv-Achsen die absolute Temperatur und die Entropie als Koordinaten einführt. Eine Reihe von Forschern hat diese Methode ausgebildet, unter ihnen Zeuner, dessen Name in einem Berichte über die Dampfmaschinentheorie überhaupt nachdrücklicher hervorgehoben werden sollte, als dies der Verfasser gethan hat.

So lassen sich denn an der ausgeführten Dampfmaschine auf Grund von Versuchen die Wärme- und Arbeitsverluste berechnen, die in ihr stattfinden. Das von der Theorie anzustrebende Ziel ist aber, diese Verluste schon im Voraus für eine neu zu entwerfende Maschine zu bestimmen. Der Hauptverlust entsteht durch den Wärmeaustausch mit der Wandung. Kirsch und nach ihm Grashof haben es in sehr schönen Arbeiten versucht, mit Hülfe des Fourierschen Koeffizienten der Wärmeleitung und der Fourierschen Reihen die Grösse des Wärmeaustausches zu berechnen. Nadal hat Formeln gegeben, um mit Rücksicht auf alle Arbeitsverluste, die in der Dampfmaschine vorkommen, den Dampfverbrauch im Voraus zu bestimmen, jedoch sind diese Formeln, wie auch Witz richtig bemerkt, noch mit Vorsicht aufzunehmen. Immerhin aber ist jeder Versuch, der in dieser Richtung gemacht wird, dankenswert.

2. Die Gasmaschine.

Mit den Ausführungen des Verfassers über die Gasmaschine kann sich Referent häufig nicht einverstanden erklären. Der Einfluss der Wandungen ist bei der Gasmaschine entschieden geringer als bei der Dampfmaschine. Dass bei der Verbrennung des Gasgemenges Dissoziation auftritt und die Verhältnisse verwickelt macht, wie der Verfasser annimmt, ist sehr unwahrscheinlich. Auch spielt die Temperatur der Wandung und die Expansionsgeschwindigkeit für die Grösse der Verbrennungsgeschwindigkeit nicht die Rolle, die ihnen von Witz zugeschrieben wird. Die Kreisprozesse der Gasmaschine unter Annahme vollständiger Expansion der Verbrennungsprodukte bis zum Atmosphärendruck zu berechnen, ist unzweckmässig, vielmehr muss man auch hier, wie bei der Dampfmaschine, immer denjenigen Expansionsgrad der Berechnung zu Grunde legen, der in der Gasmaschine wirklich vorhanden ist. Denn dann liessen sich mit Hülfe der Formeln der Thermochemie und der Thermodynamik auf Grund von Versuchen an einer ausgeführten Maschine die Arbeitsverluste durch die Einwirkung der Wandung, durch verspätete und unvollständige Verbrennung und durch Druckverluste zahlenmässig ermitteln und so die Beurteilung einer ausgeführten Gasmaschine durchführen, wie dies Referent in verschiedenen Arbeiten in der Zeitschrift des Vereines deutsch. Ingenieure 1899 und 1900 gezeigt hat. Allein ein Umstand macht bis heute die sichere Bestimmung dieser Arbeitsverluste unmöglich: wir sind über die Werte der spezifischen Wärmen bei hohen Temperaturen für das im Gasmotor befindliche Gasgemenge im Zweifel, da wahrscheinlich die hierfür von Mallard und Lechatelier gegebenen Werte nicht richtig sind (Vergl. Physikal. Zeitschr., Heft 12, S. 146, 1899). Ein bedeutender Arbeitsverlust kann durch unvollständige Verbrennung entstehen, was der Verfasser nichts erwähnt. Hinsichtlich der experimentellen Untersuchung der Gasmaschine weist er vor allem auf die Arbeiten von Slaby und Clerk hin. Schliesslich bespricht er noch den Nutzen, den das Entropiediagramm für das Studium der Gasmaschine bringen kann, aber ohne dabei zu erwähnen, dass Stodola an der Hand des Entropiediagrammes ausgezeichnete Untersuchungen über die Theorie der Gasmaschine veröffentlicht hat. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898). E. Meyer.

(Eingegangen 4. September 1900.)

REFERATE.

Allgemeine Chemie.

Besorgt von Professor Dr. **R. Abegg.**

Neue Vorrichtungen zum Färben nichtleuchtender Flammen (Spektrallampen) von Ernst Beckmann. Abhandlg. d. math.-physik. Klasse d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. W. Bd. XXVI, No. 1. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. Preis 2 M.

Die bisherigen einfachen Methoden der spektralen Flammenfärbungen leiden an dem Mangel, dass entweder die Färbung nicht dauernd, oder wegen der Miterhitzung grösserer Trägermaterialmengen (nasse Drahtdochte, Asbest u. s. w.) und damit bedingte Abkühlung der Flamme nicht intensiv ausfallt. An der Hand zweier Tafeln, ohne welche die Berichterstattung schwer alles einzelne der Apparate wiederzugeben vermag, teilt der Verfasser nunmehr Lampenkonstruktionen für gewöhnliche Leuchtgas- und für Knallgasgebläse-Flammen mit, welche eine sehr intensive und beliebig lang dauernde Spektralflamme mittelst der zu untersuchenden Lösungen zu erzielen gestatten. Die flachen Flammen werden durch zwei schräg nach oben gegeneinander gerichtete Gasausströmungsöffnungen erzeugt (nach dem Prinzip der Zweilochleuchtgasbrenner); die beiden Brennermündungen sind aber weit genug von einander entfernt, um zwischen sich den Zerstäubungsapparat aufnehmen zu können, dessen wesentlicher Teil ein einseitig geschlossenes poröses Porzellanröhrchen ist, welches in die zu zerstäubende Flüssigkeit eingelegt und von der offenen Seite her mittelst Druckluft gespeist wird. Letztere dringt durch die feinen Poren in äusserst kleinen Bläschen in die Flüssigkeit, welche den oberen Rand des Röhrchens gerade nicht mehr bedecken soll, und bringt so den feinen flammenfärbenden Sprühregen hervor. Während auf die sinnreichen Einzelheiten der Apparate nicht näher eingegangen werden kann, — es sei auf das Original oder auf die ausführende Firma Hugershoff, Leipzig, verwiesen — mögen noch einige interessante Beobachtungen mitgeteilt werden, die sich auf die Leichtigkeit des Luftdurchtritts durch die Porzellanporen beziehen. Es gestattete z. B. ein Röhrchen 100 cc Luft bei ca. 20° den Durchtritt

			in Sekunden
in trockenem Zustand bei	1	Atm.	4
	2	„	2.1
getränkt mit:			
Methylalkohol	1	„	26.8
Äthylalkohol	1	„	24.8
„	2	„	5.7
Amylalkohol	1	„	45
Wasser	2	„	185

Wasser erschwert also den Luftdurchtritt in einem Grade, wie er weder aus der Oberflächenspannung, noch aus der inneren Reibung verständlich ist, es scheint, als wenn eine grosse Reihe von Poren durch Wasser vollständig unpassierbar werden. Interessant ist es nun, dass man während der Funktion des Röhrchens innerhalb wässeriger Flüssigkeit stundenlang diese Wasserhemmung durch schwaches Benetzen mit Alkohol beseitigen kann, den man von innen mit der Druckluft in geringer Menge durchtreibt.

Die Intensität der Spektralwirkung bei dieser Pressluft-Zerstäubungsmethode ist so gross, dass in gewöhnlichem Trinkwasser die Calciumlinien noch mit Deutlichkeit wahrnehmbar sind.

Mitteilenswert ist ferner die Beobachtung, dass das Grünbrennen der Knallgasflammen von einer Stickoxydbildung herrührt, die von dem Stickstoff der Luft und dem in den Sauerstoffbomben enthaltenen herrührt. R. A.

(Eingegangen 27. Juni 1900.)

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. **Th. Des Coudres.**

Neues Kohlenkorn-Mikrophon der A.-G. Mix & Genest, Berlin.

Die Firma Mix & Genest hat ein neues für die Postverwaltung geeignetes, regulier- und drehbares Kohlenkörner-Mikrophon konstruiert, welches wegen seiner enormen Empfindlichkeit auch physikalisches Interesse verdient.

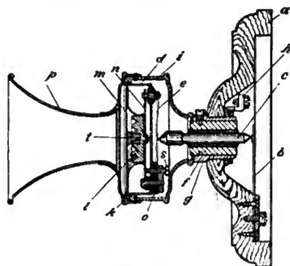


Fig. 1.

Dieses Körnermikrophon zeichnet sich besonders dadurch aus, dass es sowohl im Nahals auch Fernverkehr die Sprache gleich gut

überträgt und daher die besonderen Mikrophone für weite Entfernungen überflüssig macht.

Das charakteristische besteht darin, dass das eigentliche Mikrophon sich in einer Kapsel befindet, die nach Abnehmen des Sprechtrichters leicht auswechselbar ist. —

Die Konstruktion des ganzen Mikrophons ist aus Figur 1 ersichtlich, während Figur 2

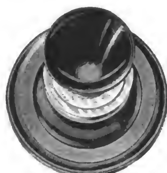


Fig. 2.



Fig. 3.

den Sprechtrichter, Figur 3 die Mikrophonkapsel und Figur 4 den Sockel des Apparates zeigen. Figur 5 giebt eine Totalansicht. Das eigent-



Fig. 4.

liche Mikrophon besteht aus der Kapsel *d*, die vorn von einer dünnen Kohlenmembran *m* verschlossen wird. In derselben befindet sich die mit Nuten versehene Kohlenscheibe *l* an der Feder *n*. Die Kohlenplatte und die Kohlenscheibe werden durch einen aufgeklebten Stoffmantel miteinander verbunden. Der Zwischenraum ist mit schwedischen Kohlenkörnern ausgefüllt. In der Mitte der Scheibe *l* befindet sich der Tuchkreis *t*, der beim Anziehen der Schraube *s* die Schwingungen der Membrane *m* dämpft.

Die Kapsel wird durch den mit Bajonettverschluss versehenen Sprechtrichter *p* in dem Gehäuse festgehalten.

Der Strom geht von *b* über eine Kontaktfeder durch den losen Kontaktbolzen *c* zur Kontaktfeder *e*; von dort über die Feder *n* nach der Kohlenscheibe *l*; von dieser durch die Kohlenkörner nach der Membrane *m* und über die Kapsel *d* und Gehäuse *i* nach der Klemme *h*.

Die grosse Empfindlichkeit des Mikrophons rührt daher, dass sowohl Kohlenmembrane als auch die Kohlenplatte bewegungsfähig angeordnet sind.

Verwendet man zur Speisung des Mikrophons 2 Akkumulatoren (man kann sogar ohne Schädigung auf kürzere Zeit 8—10 Volt anwenden) und stellt das Mikrophon mittelst



Fig. 5.

Schraube *s* möglichst empfindlich ein, so spricht resp. tönt das in die Sekundärspule des Mikrophontransformators eingeschaltete gewöhnliche Posttelephon (oder 2 bis 3 hintereinander geschaltete) so laut, dass man das in das Mikrophon Gesprochene resp. Gesungene in einem grösseren Saal deutlich wahrnehmen kann, ohne das Telephon ans Ohr zu halten.

Aus den umfassenden Versuchen, welche die Postverwaltung im Jahre 1899 veranstaltete, ist dieses neue Kohlenkorn-Mikrophon (Tausendkilometer-Mikrophon) als Sieger hervorgegangen. Es ist bereits in mehr als 50000 Exemplaren bei der Reichspost zur Einführung gelangt. Seine Anwendung für physikalische Zwecke dürfte sich neben dem Berlinerschen Transmitter überall da empfehlen, wo es sich um möglichst grosse Empfindlichkeit handelt. — E. Ruhmer.

(Eingegangen 21. August 1900.)

BESPRECHUNGEN.

Theoretische Chemie von W. Nernst. 3. Aufl. Stuttgart, Enke. 1900. XIV u. 710 S. Preis gebunden Mk. 17.20.

Dass ein so umfangreiches Werk nach nur 1½ Jahren eine Neuauflage erlebt, steht wohl ziemlich einzig da, und spricht deutlicher als jede Anerkennung für die Bedeutung und Brauchbarkeit des Buches, das wohl jedem Physiker

ebenso unentbehrlich ist, wie dem Physikochemiker. Von der vorhergehenden Auflage unterscheidet es sich naturgemäss nur wenig, doch sind alle wichtigeren Arbeiten des einschlägigen Gebietes bis zu diesem Jahre berücksichtigt worden. Zu S. 43 ist zu bemerken, dass die hier, wie seit van't Hoff allgemein, Horstmann (1881) zugeschriebene Zusammenfassung der Gasgesetze mit dem Avogadroschen Gesetz in der Formel $pv = \frac{22.4}{273} T$ bereits 1867 von C. M. Guldberg (s. Ostw. Klassiker 104. S. 173) gegeben worden ist.

Die weite Verbreitung, die sich das bewährte Werk verschafft hat, ist zugleich ein erfreuliches Zeichen für das allgemeine Emporblühen physikalisch-chemischen Interesses, an dessen Förderung das Buch keinen geringen Anteil hat. R. A.

Leitfaden der praktischen Elektrochemie von W. Löb. Leipzig, Veit & Co. 1899. VIII u. 244 S. Preis gebunden Mk. 6.—.

Das Buch bringt eine Zusammenstellung der für den Elektrochemiker wichtigen und auch unwichtigen Arbeitsmethoden und ist bei seiner weitgehenden Anlehnung an die Originalarbeiten im allgemeinen zuverlässig; nicht immer jedoch gilt dies, wo der Verfasser sich selbständig zu machen sucht: so liest man in dem Abschnitt über die Theorie der elektromotorischen Kräfte — als Kuriosum sei erwähnt, dass hierin der Name Nernst nicht vorkommt! — dass die geringe elektromotorische Kraft der Flüssigkeitsketten nicht genüge, um einen Konzentrationsausgleich herbeizuführen. Bei Behandlung der Polarisation wird durchweg von einem Minimum statt von einem Maximum der Polarisation gesprochen; aus der elektrometrischen Methode zur Messung von Dielektrizitätskonstanten wird eine „elektromotorische"; und so merkt man noch vielfach, dass der Verfasser in dem mehr theoretisch-physikalischen Teil nicht zu Hause ist, und den Mangel an eigener Beherrschung des Gegenstandes durch getreue Wiedergabe der Originalarbeiten zu ersetzen sucht. So sind denn auch manche Kapitel und Messmethoden aufgenommen worden, die in einem „Leitfaden der praktischen Elektrochemie" überflüssig sind, resp. durch bessere zu ersetzen wären. Dies gilt vorwiegend für die zweite Hälfte des Buches, während die erste, enthaltend die elektrochemischen Methoden im engeren Sinne, insbesondere die präparativen Arbeiten, keinen derartigen Einwendungen unterliegt. R. A.

Bütschlis Wabentheorie

ins Besondere:

I. „Untersuchungen über Mikrostrukturen des erstarrten Schwefels, nebst Bemerkungen über Sublimation, Überschmelzung und Übersättigung des Schwefels und einiger anderer Körper". Mit 6 Abbildungen im Text und 4 Tafeln. Leipzig, W. Engelmann. 1900. 4°. IV u. 96 S. Preis Mk. 11.—.

II. Untersuchungen über die Mikrostruktur und über die künstlichen und natürlichen Kieselsäuregallerten (Tabaschir, Hydrophan Opal)" in Verhandl. des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg N. F. VI. Band 1900. S. 287—348 Taf. V—VIII.

Wer die beiden Abhandlungen liest, wird, sofern ihm der Name „Bütschli" nicht schon bekannt ist, kaum einen Zoologen als Verfasser vermuten — und doch ist Bütschli auf sehr natürliche Weise zu diesem, auf den ersten Anblick der Zoologie so fern abliegenden Gebiete hinübergeführt worden; und auch jetzt sind es in letzter Instanz immer noch biologische Probleme, die ihn zu den Studien der anorganischen Mikrophysik hinüber zwingen.

Als Bahnbrecher ersten Ranges hat sich Bütschli in früheren Jahren neben anderen Arbeiten, hauptsächlich mit dem Studium der einzelligen „Protozoen" befasst. Seine Bearbeitung dieser Tiergruppe in Bronns Klassen und Ordnungen (3 Bde. mit 2035 S. u. 97 Tafeln, Leipzig 1880—89) hatte ihn zur Überzeugung geführt, dass dem Protoplasma (d. i. die lebende Eiweisssubstanz der Zellen) eine schaumige Struktur zukäme, d. h. dass es aus zwei nicht unbegrenzt mischbaren Substanzen verschiedener Konsistenz zusammengesetzt sei, von denen die eine, die er Hyaloplasma nennt, wie die Wandsubstanz eines Schaumes angeordnet sei, während die andere, dünnflüssigere, das Enchylema, in Form kleinster polyedrischer Tröpfchen, den eingeschlossenen Gasblasen eines Schaumes entsprechend, zwischen den Hyaloplasmawänden eingeschlossen sei. Da die eingeschlossene Substanz nicht wie bei einem Schaume eine Gasart, sondern gleichfalls eine Flüssigkeit darstellt, wählt Bütschli für die angegebene Komposition den Ausdruck „Wabenstruktur" (hergeleitet von der Ähnlichkeit mit Bienenwaben). Die Wabenstruktur des Protoplasmas, die in den letzten zehn Jahren in der biologischen Litteratur unter reichlichem Wechsel von Zustimmung und Ablehnung sehr lebhaft diskutiert worden ist, führt Bütschli im Anklang an frühere Deduktionen Bertholds auf Entmischungsvorgänge zurück, die sich in dem

lebenden Protoplasma fort und fort abspielen. Berthold war für einen emulsiven Charakter des Protoplasmas eingetreten, Bütschli lässt die emulsionierten Enchylematröpfchen so dicht in der Grundmasse gelagert sein, dass sie sich gegenseitig unter starker Vergrösserung ihrer beiderseitigen Berührungsflächen einander abplatten und dadurch zu den Polyedern des Wabenwerks werden. Die Erkenntnis der Waben ist wegen ihrer Kleinheit sehr schwierig und nur mit den allerbesten Beleuchtungsmitteln und den beststärksten optischen Systemen überhaupt erreichbar, der Durchmesser einer Wabenzelle beträgt nämlich nur ganz selten über 1 μ, meist bleibt er darunter. Dazu kommt noch, dass sich die Verhältnisse meist nur auf äusserst feinen Schnitten (Schnittdicke nur wenige ca. 3—5 μ) studieren lassen, also an abgetötetem Material, bei welchem die bei der Abtötung sich abspielenden Gerinnungsvorgänge die ursprüngliche Wabenstruktur sehr oft in eine fädige oder netzmaschenförmige Struktur durch Zusammenreissen der Wabenwände umgewandelt haben.

Es geht hieraus hervor, dass es schwer sein wird, die Wabenstruktur bei einer genügend grossen Zahl von Zellen auch bei ausreichendem Instrumentarium festzustellen, um die Allgemeinheit der Wabenstruktur des Protoplasmas behaupten zu können, denn nur ganz wenige Zellen lassen sich lebend unter den notwendigen starken Vergrösserungen, die so sehr dünne Schichten der lebenden Substanz verlangen, direkt beobachten und alles „abgetötete" Protoplasma ist kein Protoplasma mehr. Wie trügerisch es ist, aus den Leichenzügen der Protoplasmastruktur auf das Aussehen der ursprünglichen Strukturbeschaffenheit zu schliessen, hat unlängst Alfred Fischer eingehend nachgewiesen. Es ist aber sehr charakteristisch, dass fasst alle neueren Protozoenforscher, voran F. Schaudinn (neben Bütschli einer der erfolgreichsten Protozoenkenner) für den wabigen Bau des Protozoenprotoplasmas bedingungslos eingetreten sind, weil gerade die Protozoen, welche als einzelne Zellen frei leben und bei ihrer Kleinheit dem Beleuchtungslicht den notwendigen Durchgang gestatten, sich am leichtesten ohne weitere Eingriffe beobachten lassen; und es ist anderseits nicht zu verwundern, dass die Wabentheorie Bütschlis von seiten derjenigen Histologen die meiste Gegnerschaft zu erdulden hat, die sich mit dem Zellenbau der Metazoen (d. i. der höheren, vielzelligen Tiere) beschäftigen, weil diese Forscher aus leicht ersichtlichen Gründen zumeist auf konserviertes Material angewiesen sind.

Neben dieser Anerkennung der Wabentheorie auf dem am leichtesten kontrollierbaren Gebiete der Protozoenbeobachtung spricht aber noch ein bedeutsames Argument für die Wahrscheinlichkeit dieser Theorie, nämlich die Thatsache, dass sich bis jetzt schon eine ganze Reihe von Lebenserscheinungen der Zelle mit Hülfe dieser Theorie rein mechanisch hat erklären lassen,[1]) während keine andere der über die elementare Mikrostruktur des Protoplasmas von anderen Biologen aufgestellten Theorien entfernt ähnliches geleistet hat. So hat Bütschli künstliche wabige Emulsionen konstruiert, die mehrere Tage ganz wie einzellige Amoeben unter fliessenden Bewegungen herumkrochen; die Protoplasmastrahlungen, welche innerhalb der Zellen während der Zellteilungen aufzutreten vermögen, sowie die Spindelfiguren. die sich gleichzeitig zwischen zwei Strahlungcentren innerhalb der Zellen ausbilden, konnten von ihm mit Hülfe künstlich hergestellter Emulsionen oder durch Entmischungsvorgänge in zähflüssigen Kolloiden mit frappierender Treue in ganz gleichen Grössenverhältnissen kopiert werden u. dergl. mehr.

Mit seltener Energie und Arbeitskraft, unbekümmert darum, ob seine Fachgenossen seine Arbeiten für „Zoologisch" halten oder nicht, hat es nun Bütschli in den letzten Jahren unternommen, den weiteren Nachweis zu erbringen, dass die Wabenstruktur, die er für das Protoplasma proklamiert hat, garnicht etwas besonderes darstellt, was dem Protoplasma oder absichtlich hergestellten wabigen Emulsionen allein eigentümlich sei, sondern dass es sich hier um eine auch bei den Anorganismen ungemein weit verbreitete mikrostrukturelle Zustandsform an sich ganz verschiedenartiger Materien handelt. Auf das anorganische Gebiet wurde Bütschli dadurch übergeführt, dass er bereits in seinem Buche „Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma" Leipzig 1892 die leblosen Abscheidungsprodukte der Anorganismen gleichfalls wabig strukturiert auffand. Diese leblosen Abscheidungsprodukte, z. B. verschiedene Gummiarten, Cellulose, Stärke in verschiedenen Modifikationen, verschiedene tierische Gallerten, Hornsubstanz, Knorpelmasse, und Chitin, das bekanntlich den Panzer der Krebse und Insekten aufbaut, wurden zum Gegenstand eines 1898 erschienenen besonderen Werkes[2]) gemacht und hier schon wurden ge-

1) Man findet eine Zusammenstellung der bis jetzt aufgefundenen Übereinstimmungen zwischen protoplasmatischen Zuständen der lebenden Zelle und der mechanischen Leistungsfähigkeit künstlicher wabiger Emulsionen in meinem Referat „Allgemeine Zellmechanik" in „Merkel und Bonnet: Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte". VIII. Band 1898. Wiesbaden 1899. S. 558—559, 561, 576 u. a. m.

2) O. Bütschli: „Untersuchungen über Strukturen, insbesondere über Strukturen nichtzelliger Erzeugnisse des Organismus und über ihre Beziehungen zu den Strukturen, welche ausserhalb des Organismus entstehen." Leipzig 1898. 411 S. 99 Textfiguren und einen Atlas von 26 Tafeln Mikrophotographien und 1 lithographierten Tafel.

legentlich ausserhalb des Organismus entstehende Substanzen auf ihre Mikrostruktur hin zum Vergleiche geprüft und die weite Verbreitung des Wabenbaues festgestellt. Der Schritt ins Gebiet des Anorganischen, auf welchem wir Bütschli in seinen in der Überschrift genannten Abhandlungen antreffen, war somit gethan.

1. „Wenn man ein so einfaches Element (Schwefel) unter relativ geringfügigen äusseren Veranlassungen sich in die verschiedenartigsten Modifikationen verwandeln sieht, so gewinnt der Biologe eine Ahnung davon, mit welch überaus grossen Schwierigkeiten jedes tiefere Eindringen in die Vorgänge des lebenden Organismus verbunden sein muss, wo eine Menge hochkomplizierter und vermutlich höchst wandelbarer Verbindungen gemeinsam thätig sind. Gerade dieses Gefühl der Schwäche gegenüber den Schwierigkeiten, welche uns der Organismus bietet, wird jedoch anderseits die Überzeugung erwecken und befestigen, dass irgend eine begründete Ansicht, tiefer in die Geheimnisse des Organismus einzudringen, zur Voraussetzung haben muss, dass die molekular-physikalischen Erscheinungen anorganischer und organischer Körper genauer und tiefer ergründet werden, als dies seither der Fall war. Wenn Vorgänge, wie Quellung und Gerinnung, zahlreiche Erscheinungen der Kapillarität und der Oberflächenspannung noch sehr wenig bekannt sind, und auch von den Physikern im allgemeinen wenig behandelt werden, da sie für die hervorragenden physikalischen Zeitprobleme keine besondere Beachtung verdienen, so ist begreiflich, dass das tiefere Verständnis auch einfachster Lebensvorgänge auf die grössten Schwierigkeiten stossen muss."

Diese einleitenden Worte Bütschlis zeigen, wie Bütschli seine Untersuchungen auf dem anorganischen Gebiet aufgefasst haben will.

I.

Bei seinen Strukturstudien über den Schwefel ist Bütschli auf folgende fünf Modifikationen desselben gestossen:

1. feinste überschmolzene Tröpfchen, die sich sehr lange (nachweislich bis jetzt $1\frac{1}{2}$ Jahre) flüssig erhalten können. Sie sind früher von Vogelsang u. A. irrtümlicher Weise als amorph erstarrte Schwefelglobuliten angesprochen worden. 2. schwach polarisierende Modifikation. 3. erste (prismatische) monokline Modifikation. 4. zweite monokline Modifikation. 5. rhombische Modifikation. Die verschiedenen Modifikationen wurden entweder durch Sublimation oder durch Schmelzung und darauf folgende Erstarrung (unter Abkühlung) gewöhnlichen rhombischen Schwefels erhalten. Die näheren Bedingungen, unter welchen die eine oder die andere Art entstand, will ich versuchen in einer Tabelle kurz zusammenzustellen:

<table>
<tr><td rowspan="2">Auf 58° erhitzter Schwefel sublimiert</td><td>Nach längerer Dauer der Sublimation in
1. Pyramiden der rhombischen Modifikation
oder 2. Kryställchen der ersten oder zweiten monoklinen Modifikation,
bei kürzerer Dauer der Sublimation, in Form feinster überschmolzener Tröpfchen, die sich vor Verdunstung geschützt, sehr lang (bis $1\frac{1}{2}$ Jahre beobachtet) flüssig erhalten können, und in Wasser und in Glycerin etwas löslich sind. Diese Tröpfchen erstarren über kurz oder lang durch Druck oder spontan oder durch Berührung mit anderen Schwefelkryställchen zu doppelt brechenden Sphärokrystallen
1. der zweiten monoklinen Modifikation oder</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2. der schwach polarisierenden Modifikation.</td><td rowspan="2">Die schwach polarisierende Modifikation wandelt sich um</td><td rowspan="2">Indirekt zuweilen spontan stets bei 50° zunächst in (stärker polarisierende) Kryställchen der ersten monoklin. Modifikation, dann sehr rasch oder auch langsamer in die rhombische Modifikation
oder
Direkt in die rhombische Modifikation, (wenn sie mit rhombischer Modifikation in Berührung gebracht wird).</td><td rowspan="2">Die rhombische Modifikation wandelt sich um bei 95° in erste monokline Modifikation.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Geschmolzener Schwefel.
(NB. Dünne Schicht zwischen Deckglas und Objektträger) erstarrt bei Abkühlung in</td><td>1. schön ausgebildeten Sphärokrystallen der schwach polarisierenden Modifikation. (NB. Bei raschem Abkühlen; Eintauchen in kaltes Wasser)</td></tr>
<tr><td>oder
2. Krystallskeletten und Sphärokrystallen der rhombischen Modifikation</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>oder
3. Krystallaggregaten der ersten monoklinen Modifikation (zweite Modifikation nicht sicher nachgewiesen).</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Mikrostruktur. Die Sphärokrystalle der zweiten monoklinen Modifikation lassen eine feinwabige Struktur erkennen. Die Wabenwände können dabei entweder nach dem Zentrum strahlig angeordnet sein, oder eine konzentrische Schichtung hervorrufen; auch finden sich Übergänge zwischen diesen beiden Strukturtypen.

Die schwach polarisierende Modifikation lässt häufig sehr gut eine feinwabige Struktur erkennen, bei welcher die Waben entweder strahlig angeordnet sind, oder eine konzentrische Schichtung der Sphärokrystalle zu Wege bringen. Daneben finden sich radiäre oder konzentrische Sprungbildungen, die in Wabenreihen auslaufen.

Rhombische Modifikation. Meist schön wabig mit Schichtungen parallel den Krystallflächen und konzentrischen und radiären Sprungbildungen. Manchmal homogen, doch in solchen Fällen sehr wahrscheinlich die Wabenstruktur nur zu fein, um wahrgenommen werden zu können, da oft deutlich wabige Partien in homogene successive übergehen.

Wie sich erwarten liess, sind die Strukturbilder der verschiedenen Modifikationen nicht ganz gleich, zwar sind überall, wo die Untersuchung ungehindert stattfinden konnte, Waben vorhanden, d. h. von einer stärker brechenden Substanz umschlossene Teilchen einer weniger brechenden Substanz. Die Wände derselben ordnen sich aber in verschiedener Weise an, bald gruppieren sie sich durch Streckung zu gradlinigen oder auf einen Punkt hin radiär gerichteten Reihen an, oder sie stellen ihre Wände derart, dass sie in konzentrische Kugelschalen einen gemeinsamen Mittelpunkt schichtweise umschliessen u. dergl. m. Im Übrigen sind hier beim S — bei anderen Körpern ist das nach Bütschlis früheren Untersuchungen nicht immer der Fall — offenbar die Waben ein und desselben S-Körpers im ganzen von annähernd gleicher Grösse. Das lässt sich aus den der Arbeit beigegebenen Mikrophotographien schliessen.

Es ist nämlich ein ungemein grosser Vorzug der Bütschlischen Struktur-Arbeiten, dass sie stets die Belege zu dem Gesagten in meisterhaft ausgeführten Photographien bringen, so dass sich, wie das sonst in ähnlichen Dingen so häufig der Fall ist, keinerlei persönliche Interpretation in die Herstelluug der Tafeln unbewusst einschleichen kann. Die Vergrösserungen gehen dabei bis zu 2900 mal (Zeisssche Apochromate).

Zum Schluss mag noch folgendes aus der Arbeit angeführt werden: Die Beobachtungen machen es wahrscheinlich, dass bei den Umwandlungsprozessen des S eine vorübergehende Verflüssigung desselben eintritt.

„Beim Erstarren in der ersten monoklinen Modifikation kann man verfolgen, dass auf den Grenzen der entstandenen Kryställchen eine minimal dünne Zwischenschicht einer mehr gelben Modifikation sich findet, die auch länger flüssig bleibt, und in der gewöhnlich Gasblasen auftreten. Anteile dieser Modifikation finden sich auch sehr häufig als Einschlüsse in den Krystallen der ersten monoklinen Modifikation und auch hier sehr gewöhnlich mit Gasbläschen. Diese Erscheinungen werden durch ähnliche an Präparaten geschmolzener und hierauf erstarrter Pikrinsäure unterstützt. Es ist möglich, dass diese Erfahrungen einen Fingerzeig für die Erklärung des Entstehens der wabigen Struktur aus dem Schmelzfluss geben können."

II.

In dem oben zitierten Werk von 1898 hatte Bütschli für eine Anzahl kolloidaler quellbarer organischer Körper (Gelatine, geronnenes Eiweiss, Gummi, Cellulose, Agar-Agar, Stärke) eine sehr feinwabige Struktur nachgewiesen und in den Mikrophotographien vorgeführt; gleichzeitig wurde auch der sog. Tabaschir, eine natürlich vorkommende Kieselsäuregel[1]), die sich in den Internodialhöhlen älterer Halme von Bambusa arundinacea findet, untersucht und mit der aus Wasserlösungen kollodialer Kieselsäure abgeschiedener Kieselgallerte verglichen. Es ergab sich, dass auch diese Substanzen wabig gebaut sind, d. h., dass die eingetrockneten Kieselsäuregel von einer Unzahl dichtest gedrängter, feiner Hohlräumchen durchsetzt sind, die im trockenen Zustand Luft enthalten, dagegen beim Eintauchen in adhärierende Flüssigkeiten von diesen erfüllt werden, unter Verdrängung der Luft.

Es lag nahe, auch die natürlich vorkommenden Kieselgallerten einer vergleichenden Prüfung zu unterziehen; so behandelt die vorliegende Arbeit ausser künstlich hergestellter Kieselgel und dem Tabaschir auch noch Hydrophan und den gewöhnlichen und edlen Opal. (Schluss folgt.)

1) Als „Gel" bezeichnet Graham den Gallertzustand kolloidaler Körper.

Personalien.

Der Professor für höhere Mathematik an der Bergakademie zu Berlin, F. Kötter wurde auf die neuerrichtete Professur für technische Mechanik an der Techoischen Hochschule daselbst berufen.

Der Assistent am physikalischen Institute zu Tübingen, K. Stöckl wurde zum Adjunkten an der kgl. meteorologischen Centralstation in München ernannt.

Berichtigungen.

In dem Referate über „G. Gouy, Über die Etalons der elektromotorischen Kraft", Heft 48, Seite 547, sind infolge Verspätung eines Korrekturbogens mehrere entstellende Fehler stehen geblieben. Spalte 1, Zeile 13 ist statt „Anna." „Assoc."; Zeile 14 statt „Latimer, Clark" „L. Clark"; Zeile 23 statt „Trogman" „Twyman"; Zeile 27 statt „Cachart" „Carhart" zu lesen.

Desgleichen ist in dem Referate über „Th. Schwedoff, Die Starrheit der Flüssigkeiten", Heft 48, Seite 553, Spalte I, Zeile 40 statt „b" „f"; Spalte II, Zeile 5 in der Formel V statt „$\left(E - \frac{\beta}{r} f\right)$" „$\left(E + \frac{\beta}{r} f\right)$"; in den Formeln Zeile 10, 12, 15 statt „ε" „E" zu lesen.

Im Vorlesungsverzeichnis des vorigen Heftes ist unter Göttingen zu verbessern: Wiechert, Geodäsie, 4. Geophysikalisches Praktikum, *g*. — Abraham, Analytische Mechanik, 3.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 52. 29. September 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den elektrischen Widerstand dünner, durch Kathoden-Entladungen niedergeschlagener Schichten.

Von A. C. Longden.[1])

Bisher war ein Normal-Megohm ein viel zu kostspieliger Gegenstand, als dass es in jedem elektrischen Laboratorium zu finden wäre. Aus diesem Grunde sind allgemein eine grosse Anzahl indirekter Methoden zur Ausführung elektrischer Messungen an die Stelle derjenigen einfachen getreten, die grosse Normalwiderstände erfordern.

Dass trotzdem eine Neigung für einfache Methoden vorhanden ist, erhellt aus den seither angestellten Versuchen, hohe Widerstände von grosser Genauigkeit und unveränderlichem Werte mit geringen Kosten herzustellen.

Kohle, als Material von hohem Widerstande, entspricht für einige Zwecke den Anforderungen bis zu einem gewissen Grade, wenn wir nämlich unsere Widerstände bei jedem Gebrauche von Neuem aichen können und dem sehr grossen Temperaturkoeffizienten des Materials Rechnung tragen. Immerhin bringen die Kontakte in den meisten Formen der Kohlenwiderstände eine Unsicherheit in die Beobachtung, welche bei Weitem zu gross ist, als dass sie bei einer einigermassen sorgfältigen und exakten Arbeit zulässig wäre.

Verwendet man an Stelle der reinen Metalle ihre Legierungen zu Drahtwiderständen, so gewinnt man hohen spezifischen Widerstand und im allgemeinen niedrigen Temperaturkoeffizienten. Ihrer Beständigkeit wegen wären aber die reinen Metalle vorzuziehen, vorausgesetzt, dass dieselben Vorteile, wie bei den Legierungen, zu erreichen wären. Reine Metalle leiden nicht, wie viele Legierungen, unter dem Einfluss von Zersetzung, auch werden einige von ihnen nicht durch die Berührung mit ihrer Umgebung angegriffen. Wenn wir mithin einen relativ billigen hohen Widerstand in der Form eines reinen Metalles verwenden könnten, ohne dass wir irgend einen der Vorteile einer Legierung opferten, so würde ein solcher Widerstand ausgedehnte Verwendung finden müssen.

Miss Isabelle Stone [1]) untersuchte im Hinblick darauf den elektrischen Widerstand jener aus wässerigen Lösungen auf Glas niedergeschlagenen Silberhäutchen. Ich selbst habe nach einer ähnlichen Methode wie Miss Stone eine grosse Anzahl von Metallen untersucht, indem ich die durch Kathodenentladungen (nach dem von Prof. A. W. Wright [2]) beschriebenen Verfahren) erzeugten Niederschläge verwendete. Diese über zwei und ein halbes Jahr ausgedehnte Untersuchung ergab eine Anzahl interessanter Resultate:

Der Charakter einer durch Kathodenentladung niedergeschlagenen Schicht hängt sehr von der Schnelligkeit des Niederschlagens ab. Diese ihrerseits richtet sich nach dem Vakuum, dem Abstand der Schichte von der Kathode, der elektromotorischen Kraft, die benutzt wird, der Stromstärke und der Frequenz des Unterbrechers. Diese verschiedenen Faktoren sind so unmittelbar mit einander verwandt, dass es unmöglich ist, einen ohne den anderen zu besprechen. Im allgemeinen mag aber gesagt werden, dass eine Glasplatte von 4—5 cm Breite und 5—6 cm Länge sehr gut platiniert werden kann, wenn man sie in einen Abstande von 12—15 cm von einer Kathodenplatte mit ähnlichen Grössenverhältnissen aufstellt, das Vakuum auf 0,0001 bis 0,00001 einer Atmo-

1) Ausführlich im Americ. Journ. of Science (4), **9**, 407, 1900.

1) Physic. Review **6**, 1—16.
2) Americ. Journ. of Science (3), **13**, 49—55; **14**, 169—178

sphäre bringt, als Primärstrom der Induktionsrolle 5—6 Ampere bei einer Spannung von 110 Volt nimmt und im Primärkreise einen auf 300 Unterbrechungen per Sekunde eingestellten Wehnelt-Unterbrecher einschaltet.

Ist alles genau adjustiert, so erhält man leicht Häutchen von grosser Dichtigkeit und grossem Glanze.

Der elektrische Widerstand dicker Schichten dieser Art ist ungefähr so, wie er nach den Abmessungen des Häutchens und dem spezifischen Widerstande des verwendeten Metalles zu erwarten ist; aber in dünnen Schichten ist das Verhältnis des gemessenen zum berechneten Widerstande gross — in sehr dünnen Häutchen sehr gross.

Auch wurde bei der Untersuchung sehr bald bemerkt, dass Temperaturänderungen nicht immer so grosse Widerstandsänderungen zur Folge hatten, wie sie bei metallischen Drähten allgemein sind. In vielen Fällen waren die Widerstandsänderungen viel kleiner als der Temperaturkoeffizient des fraglichen Metalles erwarten liess, hier und da schienen die Änderungen im umgekehrten Sinne aufzutreten. Im April 1898 wurde der Temperaturkoeffizient eines einzelnen Platinhäutchens sorgfältig bestimmt und sein Wert als negativ von der Grösse 0,00013 gefunden. Seitdem habe ich eine grosse Zahl dünner Häutchen mit negativen Temperaturkoeffizienten erzeugt und die Thatsache völlig bestätigt gefunden, dass alle sehr dünnen, durch Kathodenentladung niedergeschlagenen Schichten negativen Temperaturkoeffizienten besitzen, und dass Häutchen von einer ganz bestimmten Dicke keinen oder vernachlässigbaren Temperaturkoeffizienten haben.

Ein weiteres interessantes Verhalten ist die eigentümliche Beziehung, welche zwischen dem Temperaturkoeffizienten eines Schichtenwiderstandes und dem Verhalten während des Prozesses des künstlichen Alterns beobachtet wurde. Schichten mit positivem Temperaturkoeffizienten erleiden immer ein plötzliches Anwachsen des Widerstandes, wenn sie in ein Bad mit geschmolzenem Paraffin oder heissem Öl gebracht werden; sobald aber das Maximum erreicht ist, tritt ein stufenweises und lang anhaltendes Fallen des Widerstandes ein. Schichten mit negativem Temperaturkoeffizienten verhalten sich in genau entgegengesetzter Weise, und solche ohne oder mit vernachlässigbarem Koeffizienten zeigen keine sehr markanten Widerstandsänderungen und bedürfen keines besonderen künstlichen Alterns.

Obgleich der Prozess des künstlichen Alterns in dem einen Falle weniger wichtig ist als in dem anderen, sollte er namentlich dann, wenn der Widerstand als Normalmass benutzt wird, nicht vernachlässigt oder unterlassen werden; nach Durchführung des Alterungsprozesses müssen die Schichten gegen spätere Veränderungen dadurch geschützt werden, dass man sie luftdicht verschliesst. Der erforderliche Schutz kann durch Einbetten der Schicht in Paraffin oder durch Überziehen derselben mit einem Firniss, den man durch Auflösen von Federharz in Schwefelkohlenstoff erhält, erreicht werden; man kann die Schicht auch in Glastuben, die nachträglich durch Auspumpen luftleer gemacht werden, einschliessen.

Elektrische Widerstände dieser Art können, falls sie sorgfältig vorbereitet sind, als Normalmasse von grosser Präzision gelten. Sind sie aus reinen Metallen hergestellt, so fällt die Gefahr der Zersetzung, die den Legierungen so eigen ist, fort, und die benutzten Metalle können diejenigen, welche am wenigsten unter dem Kontakt mit ihrer Umgebung leiden, sein. Sie können von solcher Dicke gewählt werden, dass sie irgend einen Wert von einigen wenigen Ohms bis hinauf zu einigen Megohms besitzen; bei einer gewissen Dicke weisen sie keinen oder vernachlässigbaren Temperaturkoeffizienten auf. Zur Herstellung eines sehr hohen Widerstandes ist es nicht erforderlich, eine Schicht so dünn zu machen, dass man einen unzulässig hohen negativen Temperaturkoeffizienten erhält. Es ist nur nötig, eine Schicht von solcher Dicke zu wählen, dass man keinen oder einen vernachlässigbaren Temperaturkoeffizienten und einen Widerstand von etwa 50000 Ohm bekommt. Hierauf bringt man sie durch Zerschneiden in einzelne Stücke in eine Anordnung, dass der Strom gezwungen ist, mehrere Male entlang der Schicht zu fliessen.

Versuche, die sich über mehrere Monate erstreckten, ergaben, dass diese Widerstände durchaus zuverlässig sind.

Physikal. Laboratorium der Columbia-Universität,
17. Juli 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)
(Eingegangen 1. August 1900.)

Rechnerische Studien über die Flüssigkeitsgleichung.

Von Ph. A. Guye und L. Friderich.[1])

Der Zweck dieser Untersuchung war, für die Konstanten a und b der van der Waalsschen Gleichung

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

1) Ausführlich in Archiv de Genève (4), 9, 505, 1900.

so viele numerische Werte zu geben, als die gegenwärtig bekannten experimentellen kritischen Daten zu berechnen gestatten. Wir möchten ferner die Aufmerksamkeit auf die Thatsache lenken, dass man zwei Formen der van der Waalsschen Gleichung erhält, je nachdem man als ursprüngliches Volum das Gasvolum unter dem Einheitsdruck und der Temperatur 0^0, oder das Volum des Grammmoleküls betrachtet. Aus der ersten Form erhält man durch Auflösen einer Gleichung dritten Grades b.

Eine in der ausführlichen Mitteilung angegebene empirische Formel gestattet, sehr rasch angenäherte Werte von b zu erhalten. Nimmt man die auf das Grammmolekül bezogene Formel, so erhält man b aus einer Gleichung ersten Grades.

Die in den Tabellen angewandten Bezeichnungen sind die folgenden:

T_c = kritische Temperatur
P_c = kritischer Druck
b_1 = Wert von b aus der empirischen Formel
M = Molekulargewicht
K_c = kritischer Koeffizient $\left(\frac{T_c}{P_c}\right)$.

Als Einheitssystem dient das System: cm^3 — Atmosphäre. Tabelle I enthält die Werte von a und b der auf das Einheitsvolum (0^0 und 760 mm) bezogenen Gleichung, Tabelle II die Werte von a und b der auf das Grammmolekül bezogenen Gleichung.

Tabelle I

Körper	T_c	P_c	a	b	b_1	Δ 0/0	Beobachter[1]
			0.0	0.00	0.00		
1 NH_3	403	115	0810	162	161	0.6	D.
2 NH_3	404	113	0830	165	163	1.2	V. C.
3 NH_2CH_3	428	72	1476	276	274	0.8	id.
4 $NH(CH_3)_2$	436	56	1981	362	361	0.3	id.
5 $NH_2C_2H_5$	450	66	1784	316	316	0	id.
6 $N(CH_3)_3$	433.5	41	2710	495	495	0	id.
7 $NH_2C_3H_7$	491	50	2859	460	459	0.2	id.
8 $NH(C_2H_5)_2$	489	40	3588	576	577	0.2	id.
9 $N(C_2H_5)_3$	532	30	5885	852	855	0.4	id.
10 $NH(C_3H_7)_2$	550	31	6114	855	856	0.1	id.
11 $(CH_3)_2O$	402.6	57	1653	328	327	0.3	L. S.
12 CH_3-O-C_2H_5	441.4	46.3	2473	445	445	0	N.
13 $(C_2H_5)_2O$	467.4	35.61	3688	619	622	0.3	R. Y.
14 HCO_2CH_3	487	59.25	2355	384	382	0.6	Y. P.
15 $HCO_2.C_2H_5$	508.3	46.83	3302	511	510	0.2	id.
16 $CH_3CO_2CH_3$	506.7	46.29	3316	515	514	0.2	id.
17 $HCO_2.C_3H_7$	537.8	40.06	4388	637	637	0	id.
18 $CH_3CO_2.C_2H_5$	523.1	38.00	4383	654	654	0	id.
19 $C_2H_5CO_2.CH_3$	530.4	39.52	4330	637	637	0	id.
20 $CH_3CO_2.C_3H_7$	549.2	33.16	5659	795	795	0	id.
21 $C_2H_5CO_2.C_2H_5$	545.9	33.16	5582	790	790	0	id.
22 $C_3H_7CO_2.CH_3$	554.25	34.21	5577	777	777	0	id.
23 $C_3H_7CO_2.CH_3$ (iso)	540.55	33.88	5339	764	764	0	id.
24 C_6H_5Fl	559.6	44.62	4272	596	593	0.5	Y.
25 C_6H_5Cl	633.7	44.69	5580	680	677	0.4	id.
26 C_6H_6	561.5	47.9	3984	555	552	0.5	id.
27 C_6H_6	563.6	50.1	3827	532	530	0.4	A.
28 $C_6H_5.CH_3$	593.6	41.6	5240	684	679	0.7	id.
29 $C_6H_5C_2H_5$	619.4	38.1	6342	785	780	0.6	id.
30 o-$C_6H_4.(CH_3)_2$	631.3	36.9	6852	830	825	0.6	id.
31 m id.	618.6	35.8	6795	838	832	0.7	id.
32 p id.	617.4	35.0	6945	857	850	0.8	id.
33 $C_6H_5C_3H_7$	638.6	32.3	8212	971	961	1.1	id.
34 $C_6H_5CH(CH_3)_6$	635.7	32.2	8147	968	960	0.8	id.
35 $C_6H_3(CH_3)_3$(1.3.5)	640.7	33.2	8012	945	936	1.0	id.
36 $C_6H_3(CH_3)_3$(1.2.3)	654.2	33.2	8396	967	958	1.0	A.
37 $C_6H_5C_4H_9$ (iso)	650.1	31.1	8947	1033	1020	1.3	id.
38 $C_6H_4.CH_3.C_3H_7$	651.6	28.6	9921	1133	1120	1.2	id
39 C_5H_{12}	470.2	30.03	4481	743	749	0.8	Y.
40 C_5H_{12} (iso)	460.1	33.3	3829	653	654	0.2	A
41 C_5H_{12} (iso)	460.8	32.93	3887	661	665	0.6	Y.
42 C_5H_{10} (isoamyl.)	464.6	33.9	3915	654	651	0.5	N.
43 C_6H_{14} norm.	507.8	29.62	5383	820	823	0.4	Y. T.
44 C_6H_{14} „	507.5	30	5300	816	813	0.4	A.
45 C_7H_{16} „	539.9	26.86	6876	974	978	0.4	Y.
46 C_8H_{18}	569.4	25.2	8351	1108	1110	0.2	A.
47 $C_{10}H_{22}$	603.4	21.3	11130	1421	1421	0	A.
48 CH_3Cl	414.5	73	1363	263	265	0.7	V. C.
49 C_2H_5Cl	455.5	54	2264	394	392	0.5	V. C.
50 C_2H_5Cl	455.6	52.6	2319	404	403	0.3	S.
51 C_3H_7Cl norm	494	49	2961	473	472	0.2	V. C.
52 $(CH_2)_6$	553	39.81	4703	661	659	0.3	Y. F.
53 H_2O	637.3	194.6	1204	147	149	1.3	B.
54 H_2O	638.0	200.5	1173	151	145	4.1	C. C.
55 CH_3OH	512.95	78.5	1959	304	302	0.7	R. Y.
56 C_2H_5OH	516.6	62.76	2512	385	383	0.5	id.
57 C_3H_7OH	536.7	50.16	3529	504	502	0.4	id.
58 CH_3CO_2H	594.65	57.1	3732	492	488	0.8	Y.
59 CCl	556.15	44.97	4184	586	584	0.5	id.
60 $SnCl_4$	591.3	36.95	5926	771	767	0.4	id.
61 H_3P	325.8	64	953	235	234	0.4	L. S.
62 H_2S	373	90	887	191	190	0.5	id.
63 HCl	325	83	726	180	179	0.6	id
64 HCl	325.3	86	704	174	173	0.6	D.
65 C_4H_4S	590.3	47.7	4457	588	586	0.3	Paw.
66 CS_2	546.05	72.87	2412	350	343	2	B.
67 $(CN)_2$	397	61.7	1480	298	297	0.3	D.
68 C_2H_2	310	68	0810	210	212	1	V.
69 CH_4	191.2	54.9	0379	160	159	0.6	O.
70 C_2H_6	308	45.2	1208	315	315	0	D.
71 CO_2	304.35	72.9	0727	192	191	0.5	Am.
72 SO_2	428.4	78.9	1345	251	250	0.4	Saj.
73 N_2O	309.4	73.1	0750	195	193	1	Jans.
74 N_2O	308.4	75.0	0723	189	188	0.5	D.
75 NO	179.5	71.2	0257	115	115	0.0	O.
76 O_2	155	50	0272	142	141	0.6	Wr.
77 O_2	154.2	50.8	0266	139	137	1.5	O.
78 Ar	152	50.6	0260	138	138	0.0	O.
79 CO	131.9	35.9	0274	168	167	0.6	Wr.
80 CO	133.5	35.5	0284	172	172	0.0	O.
81 N_2	126.5	35	0276	166	165	0.6	Wr.
82 N_2	127	33	0260	176	176	0.0	O.
83 H_2	38.5	20	0038	088	087	1.1	O.

1) Die Bedeutung der Abkürzungen siehe Supplement zum Lexikon von Würtz, I. Teil, S. 1453, unter „Kritischer Punkt".

Tabelle II.

Körper	M	K_c	Grammmolekül $a \times 10^{-6}$	Grammmolekül b	Gramm $a \times 10^{-1}$	Gramm b
1 NH_3	17.02	3.50	4.01	36.0	1386	2.11
2 NH_3	17.02	3.58	4.11	36.7	1417	2.16
3 $NH_2C_2H_3$	31.04	5.94	7.40	61.0	751	1.97
4 $NH(CH_3)_2$	45.06	7.79	9.65	79.9	475	1.77
5 NH_2CH_5	45.06	6,82	9.44	75.7	465	1.68
6 $N(CH_3)_3$	59.08	10.57	13.0	108	373	1.84
7 $NH_2C_3H_7$	59.08	9.82	13.7	101	393	1.71
8 $NH(C_2H_5)_2$	73.10	12.23	17.0	125	318	1.72
9 $N(C_2H_5)_3$	101.1	17.73	26.8	182	262	1.80
10 $NH(C_3H_7)_2$	101.1	17.74	27.7	182	271	1.80
11 $(CH_3)_2O$	46.05	7.06	8.08	72.5	381	1.574
12 $CH_3.O.C_2H_5$	70.08	9.53	11.96	97.8	332	1.629
13 $(C_2H_5)_2O$	74.08	13.13	17.44	34.7	317.8	1.818
14 $HCO_2.CH_3$	60.04	8.22	11.38	84.34	314.2	1.401
15 $HCO_2.C_2H_5$	74.05	10.85	15.68	111.4	286.0	1.504
16 $CH_3CO_2.CH_3$	74.05	10.94	16.10	112.3	287.5	1.517
17 $HCO_2.C_3H_7$	88.08	13.42	20.52	137.8	264.6	1.564
18 $CH_3CO_2.C_2H_5$	88.08	13.77	20.47	141.3	263.9	1.604
19 $C_2H_5CO_2.CH_3$	88.08	13.41	20.24	137.7	260.8	1.563
20 $CH_3CO_2.C_3H_7$	102.1	16.56	25.86	169.9	248.0	1.664
21 $C_2H_5CO_2.C_2H_5$	102.1	16.46	25.55	168.9	245.1	1.654
22 $C_3H_7CO_2.CH_3$	102.1	16.20	25.52	166.2	244.8	1.628
23 $C_3H_7CO_2.CH_{3(iso)}$	102.1	15.96	24.52	163.7	235.2	1.603
24 C_6H_5Fl	96.06	12.54	19.95	128.7	216.2	1.340
25 C_6H_5Cl	112.5	14.18	25.54	145.5	201.8	1.293
26 C_6H_6	78.07	11.72	18.71	120.3	307.0	1.541
27 C_6H_6	78.07	11.25	18.02	115.4	295.7	1.479
28 $C_6H_5.CH_3$	92.09	14.27	24.08	146.4	283.9	1.590
29 $C_6H_5.C_2H_5$	106.1	16.26	28.63	166.8	254.2	1.572
30 o—$C_6H_4(CH_3)_2$	106.1	17.11	30.00	175.6	272.7	1.654
31 m— id.	106.1	17.28	30.39	177.3	269.9	1.671
32 p— id.	106.1	17.64	30.96	181.0	275.0	1.706
33 $C_6H_5C_3H_7$	120.1	19.77	35.89	202.9	248.8	1.689
34 $C_6H_5CH(CH_3)_2$	120.1	19.74	35.68	202.6	247.3	1.687
35 $C_6H_3(CH_3)_3$ (1.3.5)	120.1	19.30	34.35	198.0	243.7	1.649
36 $C_6H_3(CH_3)_3$ (1.3.4)	120.1	19.70	36.65	202.2	254.1	1.684
37 $C_6H_5.C_4H_9$ (iso)	134.2	20.90	38.63	214.5	214.7	1.599
38 $C_6H_4.CH_3.C_3H_7$	134.2	22.78	42.20	233.8	234.5	1.743
39 C_5H_{12}	72.11	15.66	20.93	160.7	402.5	2.228
40 C_5H_{12} (iso)	72.11	13.82	18.07	141.8	347.6	1.966
41 C_5H_{12} (iso)	72.11	13.99	18.33	143.6	352.5	1.991
42 C_5H_{10} (isoamylène)	60.06	13.71	18.10	140.6	368.9	2.007
43 C_6H_{14}	86.13	17.14	24.75	175.9	333.6	2.042
44 C_6H_{14}	86.13	16.92	24.41	173.6	329.0	2.015
45 C_7H_{16}	100.2	20.10	30.85	206.2	307.6	2.059
46 C_8H_{18}	114.2	22.60	36.58	231.9	280.6	2.031
47 $C_{10}H_{22}$	142.2	28.33	48.59	290.7	240.3	2.044
48 CH_3Cl	50.47	5.68	6.85	58.27	262.7	1.154
49 C_2H_5Cl	64.49	8.44	10.92	86.55	262.6	1.342
50 C_2H_5Cl	64.49	8.66	11.22	88.88	269.7	1.378
51 C_3H_7Cl	78.50	10.08	14.16	103.4	229.8	1.318
52 $(CH_2)_6$	84.11	13.89	21.84	142.5	320.3	1.726
53 H_2O	18.02	3.28	5.95	33.60	1830	1.865
54 H_2O	18.02	3.18	5.77	32.65	1780	1.812
55 CH_3OH	32.03	6.535	9.53	67.05	928.8	2.093
56 C_2H_5OH	46.05	8.231	15.22	84.46	570.0	1.834
57 C_3H_7OH	60.07	10.70	16.32	109.8	452.4	1.828
58 CH_3CO_2H	60.04	10.41	17.60	106.9	488.4	1.780
59 CCl_4	153.8	12.37	19.20	126.9	81.53	0.827
60 $SnCl_4$	260.3	16.01	26.94	164.3	39.75	0.631
61 H_3P	34.0	5.09	4.72	52.2	408	1.54
62 H_2S	34.1	4.14	4.40	42.5	378	1.25
63 HCl	36.46	3.92	3.62	40.2	272	1.10
64 HCl	36.46	3.78	3.50	38.8	263	1.07
65 C_4H_4S	84.09	12.40	20.86	127.3	308.9	1.549
66 CS_2	76.12	7.49	11.63	76.89	159.5	1.010
67 $(CN)_2$	52.02	6.43	7.26	65.0	268	1.269
68 C_2H_2	26.02	4.56	4.02	46.8	593	1.80
69 CH_4	16.03	3.48	1.89	35.7	737	2.23
70 C_2H_6	30.05	6.81	5.97	69.92	661	2.33
71 CO_2	44.00	4.17	3.612	42.84	185.7	0.971
72 SO_2	64.06	5.43	6.61	55.7	161	0.870
73 N_2O	44.01	4.23	3.72	43.4	192	0.987
74 N_2O	44.01	4.11	3.62	42.3	187	0.961
75 NO	30.00	2.52	1.29	25.9	143	0.862
76 O_2	32.00	3.10	1.37	31.8	133	0.994
77 O_2	32.00	3.04	1.33	31.2	130	0.973
78 Ar	40.00	3.00	1.30	30.82	81	0.771
79 CO	28.00	3.67	1.38	37.7	176	1.35
80 CO	28.00	3.76	1.43	38.6	182	1.38
81 N_2	28.01	3.61	1.30	37.1	166	1.32
82 N_2	28.01	3.85	1.39	39.5	177	1.41
83 H_2	2.20	1.93	0.211	19.75	516	9.78

(Aus dem Französischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 19. August 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

J. D. van der Waals. Statik der Flüssigkeitsmischungen. 32 Seiten.

Die Darstellung, welche der Verfasser in dieser Abhandlung seiner Theorie der Gemische giebt (vergl. Zeitschr. phys. Chem. **5**, 134, 1890), ist für den Physiker und Physikochemiker dadurch von besonderem Interesse, dass die Theorie nicht nur in der Form eines mathematischen Grundrisses, sondern auch in ihren Beziehungen zur Erfahrung gegeben wird, sodass ihre grosse Fruchtbarkeit besser hervortritt.

Die Grundlage der Theorie besteht in der Übertragung der bekannten Zustandsgleichung des Verfassers auf Mischungen.

Ist x der Gehalt an Gr. Mol. der zweiten Komponente, so wird die Zustandsgleichung auf ein Gr. Mol. bezogen:

$$\left(p + \frac{a_x}{v^2}\right)\left(v - b_x\right) = MR\,.\,T.$$

Auf Grund kinetischer Überlegungen hängen die a_x und b_x mit den a_1, b_1 und a_2, b_2 der

beiden reinen Substanzen durch folgende Funktionen zusammen:

$$a_x = a_1 (1-x)^2 + 2 a_{12} x(1-x) + a_2 x^2$$
$$b_x = b_1 (1-x)^2 + 2 b_{12} x(1-x) + b_2 x^2.$$

Während b_{12} sehr wahrscheinlich aus b_1 und b_2 zu bestimmen ist, ist ein Zusammenhang von a_{12} mit a_1 und a_2 als weniger sicher zu betrachten.

Zur Prüfung der Theorie stehen besonders die Messungen von Kuenen und Verschaffelt an Mischungen von CO_2 und $CH_3\,Cl$ bezw. CO_2 und H_2, welche auf Veranlassung von Kamerlingh Onnes ausgeführt wurden, und die Bestimmungen von Quint an $C_3\,H_6$ und HCl zur Verfügung.

Aus dem Material geht hervor, dass die Zustandsgleichung in der auseinandergesetzten Weise auf Mischungen übertragen werden kann. Die Methoden der Prüfung sind zum Teil indirekter Natur, da, wie später gezeigt wird, die kritischen Daten der Gemische nicht wie bei einfachen Körpern zur Prüfung verwandt werden können. Es bleiben noch Unterschiede zwischen Theorie und Erfahrung, welche aber von derselben Ordnung, sind wie bei einfachen Körpern, und sich durch die nicht berücksichtigte Veränderlichkeit von a und b mit Volumen und Temperatur erklären.

Was die Fragen des labilen Gebietes anbetrifft, in welchem sich das Gemisch in koexistierende Phasen zerlegt, so besteht die Schwierigkeit darin, dass die Phasen verschiedene Zusammensetzung haben.

Mit Hilfe der von Boltzmann gegebenen Prinzipien liesse sich auch dieses Problem rein kinetisch lösen. Da aber die Rechnung, richtig durchgeführt, zu denselben Resultaten führen muss, wie die direkte Anwendung der Thermodynamik, so zieht es der Verfasser vor, die Gleichung der freien Energie zur Auffindung der koexistirenden Phasen zu benutzen. Bedeutet ψ die freie Energie, so ist nach Gibbs:

$$\psi = -\int p\,dv + MRT\left[(1-x)\log(1-x) + x\log x\right]$$

Durch Einsetzen der Zustandsgleichung für p erhält man:

$$\psi = -MRT\log(v-b_x) - \frac{a_x}{V} + MRT$$
$$\left[(1-x)\log(1-x) + x\log x\right].$$

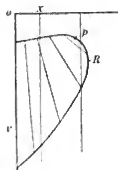
Wir wählen als rechtwinklige Koordinaten in der Grundebene v und x und nehmen ψ als dritte Koordinate. T sei konstant gesetzt. Wir erhalten alsdann für ψ eine thermodynamische Fläche, auf der jeder Punkt einen möglichen Zustand des Körpers charakterisiert. Die Koexistenz zweier Phasen ist also auf ein flächentheoretisches Problem zurückgeführt. Es ergiebt sich als Bedingung, dass für zwei koexistierende Punkte sein muss:

$$\left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_1 = \left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_2$$
$$\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_1 = \left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_2$$
$$\left(\psi - x\frac{\partial\psi}{\partial x} - v\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_1 = \left(\psi - x\frac{\partial\psi}{\partial x} - v\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_2$$

Geometrisch bedeuten die Gleichungen, dass zwei koexistierende Phasen durch zwei Punkte der Fläche bestimmt sind, die in ein und derselben Berührungsebene der Fläche liegen.

Lässt man also eine doppelt berührende Ebene über die Fläche gleiten oder rollen, so giebt die Konnodale die Gesamtheit der Punkte, welche bei der betreffenden Temperatur koexistierende Phasen vorstellen können. Denken wir uns auch für andere Temperaturen die Konnodalen konstruiert, so ergiebt ihre Gesamtheit die Fläche der koexistierenden Phasen. Der Verfasser giebt die Differentialgleichung dieser Fläche und leitet daraus eine grosse Reihe von Beziehungen für koexistierende Phasen ab. Als Grenzgesetze ergeben sich die bekannten Beziehungen aus der Theorie verdünnter Lösungen.

Bei der einzelnen ψ-Fläche sind zwei Hauptformen möglich. Entweder lässt sich die doppelt berührende Ebene von $x=0$ bis $x=1$ über die Fläche rollen, dann durchzieht die Querfalte die ganze Fläche und die reinen Komponenten wie die Gemische befinden sich unter ihrer kritischen Temperatur. Oder aber die Entfernung zweier zusammengehörender Punkte wird während des Rollens der Ebene immer kleiner und in einem Punkt der Fläche schliesslich 0, dann endet die Querfalte auf der Fläche und zwar im Faltenpunkt. Es befindet sich dann die eine Komponente unter, die andere über ihrer kritischen Temperatur. Bei bestimmter Mischung sind also kritische Erscheinungen zu erwarten. Die Figur giebt die Projektion der



Falte auf die x-v-Ebene. P bedeutet den Faltenpunkt, R den Berührungspunkt d. h. den äussersten Punkt in der Richtung der zweiten Komponente. Ein Punkt auf einer Geraden im Inneren der

Falte besagt, dass die Flüssigkeit von betreffenden Volumen und Gehalt x in zwei Phasen zerfallen ist, deren Zusammensetzung durch die Endpunkte der Geraden gegeben ist. Und zwar verhält sich die Menge der flüssigen zu der Menge der dampfförmigen Phase, wie das Stück der Geraden rechts vom Punkt zu dem links vom Punkt, bei der Lage unserer Figur. Bei einer isothermen Kompression eines Gemisches vom Gehalt x bewegen wir uns auf einer im Abstand x zur v-Axe gezogenen Parallelen. Je nach der Grösse von x sind drei Fälle zu unterscheiden.

1. $0 < x < x_P$. Während der Kondensation muss nach den gemachten Bemerkungen die Menge der flüssigen Phase beim Durchgang durch die Falte immer mehr zunehmen und bleibt schliesslich allein übrig.

2. $x_R < x < 1$. Es tritt überhaupt keine Kondensation ein.

3. $x_P < x < x_R$. Die flüssige Phase nimmt zunächst zu, erreicht ein Maximum, nimmt dann wieder ab und ist beim Austritt aus der Falte wieder verschwunden. Dieses merkwürdige Verhalten, die retrograde Kondensation, ist an der Hand der Theorie von Kuenen entdeckt worden, und wurde von ihm und Verschaffelt quantitativ untersucht.

Eine Mischung hat also zwei beobachtbare Temperaturen: die kritische „Faltenpunktstemperatur", bis zu der normale Kondensation erfolgt, und die etwas höher liegende kritische „Berührungstemperatur", bis zu welcher retrograde und über der überhaupt keine Kondensation mehr erfolgt. Die dritte, die den reinen Stoffen analoge kritische Temperatur, liegt im allgemeinen tiefer als die beiden ersten, fällt aber in die Falte und ist daher nicht realisierbar.

Die Theorie erklärt also vollständig die komplizierten kritischen Erscheinungen der Gemische, ähnlich wie der Verfasser in seiner berühmten ersten Arbeit zuerst in die kritischen Erscheinungen einfacher Flüssigkeiten klares Licht gebracht hat.

Aus der Theorie geht ferner noch die Möglichkeit einer Längsfalte auf der Seite der kleinen Volumina hervor (vergl. besonders die Untersuchungen von Korteweg). Dies bedeutet die Koexistenz d. h. teilweise Löslichkeit zweier flüssigen Phasen. Da aber die teilweise Löslichkeit nur dann beobachtet ist, wenn mindestens eine Komponente anormalen Molekularzustand hat, so glaubt der Verfasser, hierauf die Erscheinung zurückführen zu müssen. Doch auch dieser Fall muss sich auf dem Boden der Theorie behandeln lassen.

Max Reinganum.

(Eingegangen 12. September 1900.)

W. Wien, Die theoretischen Gesetze der Strahlung. 18 Seiten.

Die Gesetze der Wärmestrahlung sind neuerdings vielfach experimentell untersucht und theoretisch diskutiert worden; man durfte mit Spannung erwarten, welche Stellung W. Wien in seinem Bericht zu diesen neueren Arbeiten einnehmen würde. Der Bericht liegt uns jetzt vor. Er beginnt mit einer Darlegung des Kirchhoffschen Gesetzes, welches besagt, dass für jede Wellenlänge das Verhältnis der emittierten zur absorbierten Energie, bei gegebener Temperatur, von der Natur des betreffenden Körpers unabhängig ist; dieses Verhältnis nennt man das Emissionsvermögen des „vollkommen schwarzen" Körpers, d. h. eines Körpers, der alle auffallenden Strahlen absorbiert. Wenngleich es einen solchen Körper in der Natur nicht giebt, so stellt sich doch ein Strahlungszustand, wie er dem schwarzen Körper entspricht, in einem geschlossenen Raume her, dessen Hülle auf konstanter Temperatur gehalten wird. Denn, wenn auch die Wände nur schwaches Absorptionsvermögen besitzen, so wird doch bei den fortgesetzten Reflexionen jedes Strahlenbündel schliesslich vollständig absorbiert, so dass die Bedingung des schwarzen Körpers erfüllt ist. Die Strahlung des schwarzen Körpers entspricht also bei gegebener Temperatur dem Zustande stabilen Strahlungsgleichgewichts. Hier ist die Strahlung vollkommen diffus. Eine Strahlung, die Vorzugsrichtungen besitzt, kann sich nur in instabilem Gleichgewichte befinden.

Jeder Zustand stabilen Strahlungsgleichgewichts besitzt eine bestimmte Temperatur. Diese Temperatur schreibt man nicht nur der Strahlung in ihrer Gesamtheit, sondern auch jeder in derselben vertretenen Farbe zu. Es kommt also jeder vollkommen diffusen Strahlung von gegebener Farbe und Helligkeit auch eine bestimmte Temperatur zu, nämlich die Temperatur, bei der in der Strahlung des schwarzen Körpers die betreffende Farbe mit der gleichen Helligkeit vertreten ist. Die Strahlung von gegebener Farbe besitzt um so höhere Temperatur, je grösser die Helligkeit ist. Vergleicht man anderseits etwa eine blaue und eine rote Strahlung von der gleichen Intensität, so hat man der blauen die höhere Temperatur zuzuschreiben; denn die Energiekurve des schwarzen Körpers besitzt im roten Gebiete grössere Ordinaten als im blauen, und es ist somit die blaue Strahlung gleichtemperiert mit einer roten von grösserer Helligkeit. Die Umwandlung roter Strahlen in blaue kann demnach nicht ohne Kompensation vor sich gehen. Diese Betrachtungen sind von Wichtigkeit für die Theorie der Fluorescenz; wenn die Wellenlänge, der Stokesschen Regel gemäss,

durch die Fluorescenz vergrössert wird, so kann der Vorgang sich ohne Kompensation vollziehen; gilt die Stokessche Regel nicht, so muss eine Kompensation stattfinden.

Bisher wurde die Strahlung immer als diffuse vorausgesetzt. Die Temperatur eines Strahlenbündels von gegebenem Divergenzwinkel α berechnet W. Wien, indem er ein instabiles Strahlungsgleichgewicht untersucht, das sich herstellt, wenn man eine kleine, kreisförmige, strahlende Fläche in den Mittelpunkt einer vollkommen spiegelnden Halbkugel setzt. In dem Masse, wie man sich dem Rande der Halbkugel nähert, nimmt die Intensität der Strahlung und zugleich der körperliche Winkel α ab, unter dem die strahlende Fläche dem Beobachter erscheint. Da nun die Strahlung die Temperatur der strahlenden Fläche besitzt, mit der sie sich im thermodynamischen Gleichgewichte befindet, so übersieht man, dass ein Bündel nahezu paralleler Strahlen eine sehr hohe Temperatur besitzen kann, selbst wenn seine Energie nur gering ist. Diffusion des Lichtes ist immer mit einem Sinken der Temperatur verbunden. So müssen wir der direkten Sonnenstrahlung die Temperatur der Sonne selbst zuschreiben, die Temperatur des diffusen Tageslichtes hingegen ist eine weit geringere.

Schon Kirchhoff erwähnte, dass bei der thermodynamischen Behandlung polarisierten Lichtes die Drehung im magnetischen Felde auszuschliessen sei. In der That scheint hier eine Verletzung des zweiten Hauptsatzes vorzuliegen, die am deutlichsten bei dem Wienschen Paradoxon zu Tage tritt. Wien zeigt, dass man mit Hülfe zweier Nikols, zwischen denen die magnetischen Kräfte die Polarisationsebene um 45° drehen, einen Körper auf Kosten eines anderen fortgesetzt erwärmen kann. Er nimmt an, dass hier anderweitige Kompensationen stattfinden, sei es, dass der Magnetismus durch die Strahlung geschwächt, sei es, dass die Absorption des Lichtes in magnetisch aktiven Körpern durch die magnetischen Kräfte verstärkt wird.

Der zweite Teil des Referates behandelt die Gesetze der Strahlung, die man mit Hülfe der Thermodynamik gewinnen kann. Aus der elektromagnetischen Lichttheorie folgt, wie Maxwell zeigte, dass jede Strahlung einen gewissen Druck ausübt. Kompression der Strahlung erfordert daher eine bestimmte Arbeitsleistung. Kann man auf reversiblem Wege Strahlung von bestimmter Farbe und Helligkeit in solche von anderer Farbe und Helligkeit umwandeln, so gestattet es der zweite Hauptsatz, die hierbei stattfindende Entropieänderung zu berechnen. Derartige Prozesse sind von L. Boltzmann und von W. Wien selbst angegeben worden. Ersterer nahm mit diffuser Strahlung einen isothermen Prozess vor; er zeigte, dass die Energie der gesamten Strahlung der vierten Potenz der absoluten Temperatur proportional ist, und erhob so die von Stefan aufgestellte empirische Formel zum Range eines theoretisch wohlbegründeten Gesetzes. W. Wien transformierte eine monochromatische Strahlung adiabatisch, indem er die spiegelnde Umhüllung verschob. Hierbei wird gegen den Strahlungsdruck reversibel Arbeit geleistet und zugleich, dem Dopplerschen Prinzip entsprechend, die Farbe verändert. Das so erhaltene Wiensche Verschiebungsgesetz besagt, dass mit wachsender Temperatur die Wellenlänge jedes monochromatischen Strahles in der Weise verringert wird, dass das Produkt aus Wellenlänge und absoluter Temperatur konstant bleibt. Die Energie, welche einem von zwei benachbarten Ordinaten ausgeschnittenen Teile der Energiekurve entspricht, wächst dabei mit der 4. Potenz der absoluten Temperatur. Da der Flächeninhalt die Energie anzeigt, und die Ordinaten, dem Verschiebungsgesetz gemäss, näher aneinanderrücken, so verhalten sich die Ordinaten der nach dem Verschiebungsgesetz einander entsprechenden Punkte zweier Energiekurven wie die 5. Potenzen ihrer absoluten Temperaturen. In dem Berichte legt übrigens W. Wien dem Beweise dieser Sätze nicht den Zustand des stabilen Gleichgewichts, sondern den oben erwähnten instabilen Gleichgewichtszustand zu Grunde. Die aus der Thermodynamik gewonnenen Gesetze gestatten es, die Helligkeit, Temperatur und Entropie der Strahlung des schwarzen Körpers für jede Farbe und jede Temperatur zu berechnen, wenn man die Energiekurve für eine bestimmte Temperatur kennt.

W. Wien hatte früher behauptet, dass die freie Ausstrahlung als irreversibel betrachtet werden müsste. Er präzisiert diese Behauptung jetzt, indem er sie so formuliert: man kann über die Entropieänderung bei der freien Ausbreitung nichts aussagen, wenn kein stabiles oder instabiles Gleichgewicht vorliegt. Die ohne Arbeitsleistung stattfindende Ausbreitung diffuser Strahlung auf ein grösseres Volumen aber ist irreversibel. M. Planck hatte im Gegenteil behauptet, die freie Fortpflanzung der Strahlung sei ein reversibler Vorgang. Diese Meinungsverschiedenheit scheint auf einem Missverständnis zu beruhen, indem Planck von der freien Fortpflanzung eines Bündels nahezu paralleler Strahlen im unendlichen Raume spricht, nicht von der Ausbreitung diffuser Strahlung auf ein grösseres Volumen.

Durch thermodynamische Betrachtungen allein kann man nicht zu einer vollständigen Kenntnis der Strahlung des schwarzen Körpers

gelangen, da die Energiekurve für eine beliebige Temperatur willkürlich vorgeschrieben werden kann. Man muss hier zu Hypothesen seine Zuflucht nehmen. Wien selbst hatte folgende beiden Hypothesen aufgestellt.

1. In einem strahlenden Gase sendet jedes Molekül Strahlen einer einzigen Wellenlänge aus; die Wellenlänge hängt nur von der Geschwindigkeit des Moleküls ab.

2. Die Intensität der Strahlung, die zwischen zwei benachbarten Wellenlängen liegt, ist proportional der Zahl der Moleküle, welche Schwingungen der betreffenden Periode aussenden. Aus diesen Hypothesen ergiebt sich mit Hülfe des Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilungsgesetzes eine Exponentialformel für die Strahlung des schwarzen Körpers, welche durch Einführung der thermodynamischen Gesetze die Form annimmt

$$\varphi_\lambda = C \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{\beta}{\lambda\vartheta}}$$

(λ, ϑ bezeichnen Wellenlänge und Temperatur, C, β sind Konstanten). Lummer und Pringsheim hatten den Einwand erhoben, dass die Strahlung von der Zahl der Moleküle unabhängig sein müsse, da ein einziges Molekül hinreiche, um den Strahlungszustand aufrecht zu erhalten. Diesen Einwand weist W. Wien zurück, indem er hervorhebt, dass die Existenz des Strahlungsgleichgewichts eine Folgerung des zweiten Hauptsatzes ist, der nur für eine grosse Zahl von Molekülen gilt. Auf die experimentellen Untersuchungen über die Gültigkeit jener Formel geht der Bericht nicht ein.

Dagegen wird zum Schlusse M. Plancks elektromagnetische Theorie der Wärmestrahlung ausführlicher besprochen. Diese Theorie geht aus von den elektromagnetischen Schwingungen eines elektrischen Doppelpunktes (Dipols), die durch einfallende Wellen erregt werden und selbst fortgesetzt eine Strahlung aussenden, deren Betrag man nach H. Hertz berechnen kann. Die Schwingungen eines solchen Dipols genügen der Differentialgleichung des gedämpften Pendels; doch ist die Dämpfung nur durch Strahlung bedingt. Befindet sich ein derartiger Resonator im Strahlungsfelde, so wird er auf alle die Partialschwingungen ansprechen, deren Periode der seinigen nahe liegen. Planck nimmt nun an, dass die Phasenverteilung der Partialschwingungen unregelmässig ist, so dass man von einer bestimmten Intensität der in einer bestimmten Richtung fortschreitenden Strahlung reden kann, einer Intensität, die „langsam veränderlich" ist, d. h. während der Dauer einer sehr grossen Zahl von Schwingungen merklich konstant bleibt. Die Energie der Schwingungen des Resonators ist bestimmt, wenn man die Perioden, Amplituden und Phasen aller Partialschwingungen kennt, die auf ihn fallen. Kennt man aber nur die Intensität der einfallenden Welle, so kann man die Energie des Resonators in zwei Teile teilen; der erste Teil, der langsam veränderlich ist, hängt nur von der Intensität der einfallenden Wellen ab; der zweite Teil ist rasch veränderlich.

Planck macht nun die Hypothese, dass nach genügend langer Zeit dieser zweite Teil verschwindet. Diese Hypothese, die „Hypothese der natürlichen Strahlung", führt die Irreversibilität in den elektromagnetischen Strahlungsvorgang ein; sie entspricht vollkommen der Hypothese der molekularen Unordnung in Boltzmanns Gastheorie. Die Strahlung muss sich fortgesetzt in einem bestimmten Sinne ändern, bis schliesslich der stationäre Endzustand erreicht ist; dieser soll der Strahlung des schwarzen Körpers entsprechen. Um nun Entropie und Temperatur zu berechnen, betrachtet Planck zuerst einen einzigen Resonator mit dem umgebenden Felde. Erteilt man der Energie des Resonators einen kleinen Zuwachs ΔU über den Betrag hinaus, der dem Strahlungsgleichgewichte entspricht, so wird in dem folgenden Zeitelemente dt die Energie um dU abnehmen und die totale Entropie des Systems um dS_t zunehmen. Aus den Voraussetzungen der Theorie resultiert dann die Gleichung

$$d S_t = dU \Delta U \cdot \tfrac{3}{5} \frac{d^2 S}{d U^2}.$$

Hieraus kann man zunächst nur schliessen, dass $\frac{d^2 S}{d U^2} < 0$, was, vermöge $d S = \frac{dU}{\vartheta}$, nur besagt, dass die Temperatur (ϑ) der Strahlung des Resonators mit der Energie zunimmt.

Um dennoch S als Funktion von U zu bestimmen, nimmt Planck n Resonatoren; er setzt diese als unabhängig voraus, so dass die Grössen S_t, U, dU, ΔU im Verhältnis $n:1$ wachsen. Setzt man dann $\tfrac{3}{5} \frac{d^2 S}{d U^2} = F(U)$, so resultiert die Funktionalgleichung $F(nU) = \frac{1}{n} \cdot F(U)$, deren Lösung $F(U) = \frac{const.}{U}$ ist.

Hieraus folgt dann eine Exponentialformel für U als Funktion von $\vartheta = \frac{dU}{dS}$, die mit Hülfe der thermodynamischen Gesetze zu der Wienschen Strahlungsformel führt.

Gegen diesen Beweis erhebt Wien folgenden Einwand. Kann der Ausdruck für die Entropie nur gefunden werden, indem man mehrere Resonatoren als existierend annimmt, so sind diese Resonatoren nicht unabhängig von

einander. Anderseits wurde die Unabhängigkeit bei dem Beweise vorausgesetzt, da sich Energie und Entropie der einzelnen Resonatoren einfach superponieren sollten.

Ein zweiter Einwand richtet sich gegen die Grundvoraussetzung, dass der stationäre Endzustand der elektromagnetischen Strahlung der vom Kirchhoffschen Gesetz geforderte ist. „Für das Kirchhoffsche Gesetz," sagt Wien, „ist zwar die Natur der Wände, welche den von der Strahlung erfüllten Raum begrenzen, gleichgiltig, aber die emittierte und absorbierte Energie muss dem Energievorrat warmer Körper entnommen sein. Indessen ist es fraglich, ob ein beliebiges strahlendes System, dass durch gewisse beschränkende Annahmen irreversibel gemacht ist, alle Eigenschaften der Wärme besitzt. Die irreversibeln Strahlungsvorgänge weisen auf den ersten Blick nur eine gewisse Analogie mit der Wärme auf, wie beispielsweise Helmholtz' monocyklische Systeme. Bei diesen Systemen, wie bei den irreversibeln Strahlungsvorgängen, wird die Irreversibität dadurch verursacht, dass man nicht auf alle Parameter des Systems wirken kann oder will. Aber es scheint mir nicht ausgeschlossen, dass andere elektromagnetische Systeme mit anderen Hypothesen irreversible Strahlungsvorgänge ergeben, die zu anderen Werten der Entropie führen. Damit der Beweis von Herrn Planck vollkommen streng wird, müsste gezeigt werden, dass die Hypothese der natürlichen Strahlung die einzige ist, die zur Irreversibilität führt."

Hierzu möchte ich bemerken, dass man von einer elektromagnetischen Theorie ein getreueres Bild der Strahlung erwarten sollte, als es die Helmholtzschen cyklischen Systeme für die Wärme darstellen. Dass die elektromagnetischen und die Wärmestrahlen sich in derselben Weise fortpflanzen, und dass der von der elektromagnetischen Theorie geforderte Strahlungsdruck für die thermodynamische Theorie der Wärmestrahlung grundlegend geworden ist, dieses alles lässt eine elektromagnetische Theorie der Emission besonders aussichtsvoll erscheinen. Um so berechtigter sind allerdings die Anforderungen, die W. Wien an eine solche Theorie stellt. M. Abraham.

(Eingegangen 15. September 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

Leo Grunmach (Berlin), Experimentelle Bestimmung von Kapillaritätskonstanten kondensierter Gase.

Für Kapillarwellen gilt folgende Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit v, der Wellenlänge λ, der Dicke σ und der Oberflächenspannung α:

$$v^2 = \frac{2\pi\alpha}{\lambda\sigma}$$

und wenn man $v = n\lambda$ setzt, wo n die Schwingungszahl bedeutet,

$$\alpha = \frac{n^2\lambda^3\sigma}{2\pi}.$$

Auf diese Weise lässt sich also die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit bestimmen, wenn Dichte, Schwingungszahl und Wellenlänge bekannt sind.

Um Kapillarwellen auf einer Flüssigkeitsoberfläche bequem zu erzeugen, taucht man nach dem Vorgange von Herrn L. Matthiessen eine Stimmgabel von hoher Schwingungszahl, deren Zinken mit feinen Spitzen versehen sind, mit diesen in die Flüssigkeit 1—2 mm tief ein und bringt sie zum Tönen. Es entstehen dann auf der Niveaufläche um die Spitzen als Centren zwei fortschreitende Kreiswellensysteme und zwischen den Spitzen ein System stehender, hyperbelförmiger, in der Axe äquidistanter Interferenzwellen, deren Knoten und Bäuche sich durch die Spiegelwirkung der gekrümmten Flüssigkeitsoberfläche als scharfe dunkle und helle Linien abheben.

In einer früheren Arbeit[1]) habe ich gezeigt, in welcher Weise ich bemüht gewesen bin, die Methode zu einer Präzisionsmessmethode auszugestalten, insbesondere durch Konstruktion und Anwendung eines geeigneten Mikrometermikroskops eine genaue Wellenlängebestimmung zu ermöglichen.

Nachdem ich dann eine grössere Reihe von Flüssigkeiten und von geschmolzenen und schmelzenden Metallen nach dieser Methode untersucht, schien es mir wünschenswert und wichtig, zu versuchen, ob sie mit Erfolg auch zur Bestimmung der Kapillarkonstanten kondensierter Gase angewandt werden können.

1) L. Grunmach, Verhandl. der Deutschen Physikal. Gesellschaft 1, 13, 1899.

Über diesen, für die Untersuchungen der Kontinuität des flüssigen und gasförmigen Zustandes wichtigen Gegenstand liegen in der physikalischen Litteratur nur spärliche Angaben vor.

Erst in den letzten Jahren sind im Verfolg der Untersuchungen des Herrn van der Waals auf dessen Anregung Messungen der Variationen kapillarer Steighöhen von flüssiger Kohlensäure und von flüssigem Stickstoffoxydul innerhalb eines gewissen Temperaturintervalls von -25^0 bis etwa $+30^0$ C. ausgeführt worden von Herrn Verschaffelt, um festzustellen, ob auch für diese Substanzen das Änderungsverhältnis der molekularen Oberflächenenergie mit der Temperatur denselben konstanten Wert besitzt, welchen zuerst Herr R. v. Eötvös[1]) sowohl aus theoretischen Betrachtungen gefolgert, wie auch auf experimentellem Wege nach der von ihm ersonnenen „Reflexionsmethode" für eine grössere Reihe einfach zusammengesetzter Flüssigkeiten abgeleitet hat.

Von anderen Forschern sind meines Wissens Messungen auf diesem Gebiete bisher nicht ausgeführt worden. Durch die vorliegende Arbeit glaube ich nun nachweisen zu können, dass die Anwendung der Kapillarwellenmethode es ermöglicht, Kapillarkonstanten kondensierter Gase mit derselben Genauigkeit zu bestimmen, wie die gewöhnlicher Flüssigkeiten.

Der Untersuchung sind von mir zunächst vier kondensierte Gase unterworfen worden: verflüssigte schweflige Säure, die sogenannte Pictetsche Flüssigkeit, verflüssigtes Ammoniak und verflüssigtes Chlor.

Die Versuche mit verflüssigter schwefliger Säure und mit der Pictetschen Flüssigkeit, welche in Syphonflaschen mit regulierbarem Schraubenventil von der „Gesellschaft für flüssige Gase" (Raoul Pictet) als chemisch rein bezogen wurden, habe ich im physikalischen Institute der technischen Hochschule, diejenigen mit verflüssigtem Ammoniak und mit verflüssigtem Chlor im chemischen Laboratorium der Kunheimschen Fabrik in Niederschönweide bei Berlin ausgeführt.

Die Versuchsanordnung und die Beobachtungsart war dieselbe wie bei meinen fruheren Versuchen. Die kondensierten Gase, welche unmittelbar vor dem Beginne der Versuche durch mehrere Filter filtriert worden waren, befanden sich in geeigneten, genügend weiten und tiefen Porzellanschalen, die ihrerseits wieder in Kältemischungen aus fester Kohlensäure und abgekühltem Alkohol, beziehungsweise bei den Versuchen mit verflüssigtem Ammoniak (um die Bildung von kohlensaurem Ammoniak zu verhindern) in einer Chlorcalciummischung standen, die durch ein Kohlensäuregemisch bis auf -70 Proz. abgekühlt werden konnte.

Es ist notwendig, die Schalen bis zum Rande mit den kondensierten Gasen zu füllen, weil sonst infolge der starken Abkühlung der in der Luft enthaltene Wasserdampf zu Schnee kondensiert, und die Flüssigkeitsoberfläche leicht durch Hereinfallen des Schnees gestört werden kann.

Vor und nach jeder Beobachtungsreihe der Wellenlängen wurde mit dem Mikrometermikroskop die Entfernung der Stimmgabelspitzen ausgemessen und diese anderseits mittelst des Horizontalkomparators auf das Genaueste bestimmt. Die Temperaturen wurden mittelst eines von der physikalisch-technischen Reichsanstalt untersuchten Alkoholthermometers von Fuchs vor und nach jeder Beobachtungsreihe bestimmt. Die Differenz der Temperaturen beim Beginne und Schluss einer Versuchsreihe schwankten der Regel um etwa 2^0 C.; nur bei den Versuchen mit Chlor erreichte sie einmal den Maximalwert 6^0 C.

1. Verflüssigte schweflige Säure.

Es ergiebt sich die spezifische Kohäsion a_{-25}^2 der verflüssigten schwefligen Säure bei -25^0 C. zu 44,3325; zur Bestimmung der Oberflächenspannung

$$\alpha = \tfrac{1}{2} a^2 \sigma$$

ist die Kenntnis der Dichte σ bei -25^0 C. erforderlich.

Nimmt man unter Zugrundelegung der älteren Versuche von J. J. Pierre und der neueren von L. Cailletet und Mathias für σ_{-25} den Mittelwert 1,5016 an, so ergiebt sich für die Kapillarkonstante der schwefligen Säure bei -25^0 C. der Wert

$$\alpha_{-25} = \tfrac{1}{2} a^2 \sigma_{-25} = 33{,}285 \text{ dynen/cm.}$$

2. Pictetsche Flüssigkeit.

a) Als chemisch rein bezogen von der Gesellschaft für flüssige Gase (Raoul Pictet). Es ergiebt sich die spezifische Kohäsion bei -33^0 C

$$a^2_{-33} = 46{,}6282.$$

Dichtbestimmungen der Pictetschen Flüssigkeiten habe ich selbst mit einer guten Mohrschen Waage ausgeführt und $\sigma_{-33} = 1{,}504$ gefunden.

Bei Annahme dieses Wertes berechnet sich die Kapillarkonstante der Pictetschen Flüssigkeit bei -33^0 C. zu

$$\alpha_{-33} = 35{,}065 \text{ dynen/cm.}$$

b) Eine zweite Bestimmungsreihe wurde ausgeführt mit vor etwa 15 Jahren von Herrn Pictet selbst dargestellter Pictetscher Flüssigkeit, welche mir Herr Pictet damals für andere

1) R. v. Eötvös, Wied. Ann. **27**, 448, 1886.

Untersuchungen freundlichst überlassen hatte, und welche seitdem in einer zugeschmolzenen Glasröhre aufbewahrt worden war. Für diese ergab sich die spezifische Kohäsion bei -60^0 C.

$$a^2_{-60} = 48{,}964,$$

die Dichte bei -60^0 C.

$$\sigma_{-60} = 1{,}564$$

und demgemäss die Kapillarkonstante bei -60^0 C.

$$\alpha_{-60} = 38{,}209 \text{ dynen/cm.}$$

3. Verflüssigtes Ammoniak,

(welches höchstens 0,1 Proz. Verunreinigung enthält, aber nicht durch Wasser, sondern vielleicht durch Piridin).

Es ergab sich die spezifische Kohäsion bei -29^0 C.

$$a^2_{-29} = 124{,}638.$$

Die Dichte des verflüssigten Ammoniaks beträgt bei -29^0 C.

$$\sigma_{-29} = 0{,}6703.$$ [1]

Demgemäss ergiebt sich die Kapillarkonstante des verflüssigten Ammoniaks bei -29^0 C.,

$$\alpha_{-29} = 41{,}778 \text{ dynen/cm.}$$

4. Verflüssigtes Chlor.

Es ergab sich die spezifische Kohäsion bei -72^0 C.

$$a^2_{-72} = 40{,}9732.$$

Die Dichte des verflüssigten Chlors bei -72^0C. beträgt[2])

$$\sigma_{-72} = 1{,}6452;$$

demnach ergiebt sich die Kapillarkonstante des verflüssigten Chlors bei -72^0 C.

$$\alpha_{-72} = 33{,}6493 \text{ dynen/cm.}$$

Die Bestimmungen der Kapillarkonstanten haben eine erhöhte wissenschaftliche Bedeutung gewonnen, seitdem Herr R. v. Eötvös, wie bereits oben angedeutet wurde, angeregt durch die van der Waalsschen Untersuchungen eine rationelle Begründung des Zusammenhangs zwischen Oberflächenspannung und Molekularvolumen gegeben und aus seinen Beobachtungen, wie aus denjenigen R. Schiffs, für eine grosse Reihe einfach zusammengesetzter Flüssigkeiten die Beziehung abgeleitet hat, dass der Differentialquotient der molekularen Oberflächenenergie nach der Temperatur, $\frac{\partial}{\partial t}(\alpha v^{2/3})$, innerhalb weiter Grenzen von der Temperatur unabhängig ist und den konstanten Wert 2,27 hat, und dass die molekulare Oberflächenenergie selbst

$$\alpha v^{2/3} = 2{,}27\,(\Theta - t)$$

ist, wo Θ die kritische und t die Beobachtungstemperatur bedeutet. Diese Gleichung, welche eine vollkommene Analogie für die Zustandsgleichung idealer Gase bildet, gewährt die Möglichkeit, die Molekulargrösse unvermischter Flüssigkeiten zu bestimmen, wenn deren Oberflächenspannung bekannt ist. Es ergiebt sich nämlich aus ihr für das Molekulargewicht M die Gleichung

$$M = \sigma \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,(\Theta - t)}{\alpha}\right)^3}.$$

Die Richtigkeit dieser Gleichung wird durch meine Beobachtungen an verflüssigter schwefliger Säure und an verflüssigtem Ammoniak bestätigt. Denn setzt man in dieselbe als kritische Temperaturen für schweflige Säure, beziehentlich für Ammoniak die Werte 157^0 C. bez. $130{,}5^0$ C., als Oberflächenspannungen bei den Beobachtungstemperaturen -25^0 C., bez. -29^0 C. die oben gefundenen Werte 33,285 bez. 41,778 und endlich für die Dichten bei diesen Temperaturen die Werte 1,5016, bez. 0,6703 ein, so erhält man als Werte für das Molekulargewicht der verflüssigten schwefligen Säure

$$M_{SO_2} = 1{,}5016 \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,[157 + 25]}{33{,}285}\right)^3} = 65{,}66$$

und des verflüssigten Ammoniaks

$$M_{H_3N} = 0{,}6703 \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,[130{,}5 + 29]}{41{,}778}\right)^3} = 17{,}10$$

in guter Übereinstimmung mit ihren Werten für den gasförmigen Zustand, nämlich 64,06 bezw. 17,07.

Dagegen wird die Gleichung durch die Beobachtungen am verflüssigten Chlor nicht erfüllt. Denn setzt man in dieselben für die kritische Temperatur den Wert 145^0 C., für die Oberflächenspannung den bei -72^0C. gefundenen Wert 33,6493 und für die Dichte den Wert 1,6452 ein, so erhält man als Molekulargewicht für das verflüssigte Chlor den Wert

$$M_{Cl} = 1{,}6452 \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,[145 + 72]}{33{,}6493}\right)^3} = 92{,}14,$$

während er für das gasförmige 70,9 ist. Das verflüssigte Chlor scheint sich also nicht wie eine normale, sondern wie eine assoziierende Flüssigkeit zu verhalten, die in flüssigem Zustande ein höheres Molekulargewicht hat, wie in gasförmigem.

Ich habe am verflüssigten Chlor auch bei höheren Temperaturen, nämlich in der Nähe von -60^0 und sogar von -50^0 C. Kapillaritätsbestimmungen ausgeführt, aus denen hervorzugehen scheint, dass sein Molekulargewicht

1) A. Lange: Sonderabdruck aus der Zeitschrift für die gesamte Kälteindustrie. V. Jahrg. **1898**, 20.

2) Knietsch, Liebigs Ann. **259**, 100, 1890.

mit steigender Temperatur abnimmt und sich dem des gasförmigen immer mehr nähert. Indessen waren die Beobachtungen infolge der starken Chlorgasentwickelung für Augen und Athmungsorgane und auch für die Stimmgabel zu angreifend — (vom verflüssigten Chlor wurden die Stimmgabelspitzen garnicht angegriffen) —, als dass ich sie genügend lange hintereinander hätte fortsetzen können, um sichere Beobachtungswerte zu erlangen. Die Versuche werden bei Anwendung geeigneter Schutzvorrichtungen innerhalb weiterer Temperaturgrenzen fortgeführt und auf andere kondensierbare Gase ausgedehnt werden. —

(Keine Diskussion.)

Im Anschluss an diesen Vortrag teilt Herr Grunmach mit, dass er in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Karl Luyken die Kapillarwellenmethode angewandt hat zur Bestimmung der Kapillarkonstanten von Quecksilber gegen reines Wasser und gegen Schwefelsäure verschiedener (von 52,5 Prozent fortschreitender) Konzentration. Bei diesen Versuchen, über welche später eingehender berichtet werden soll, wurde ein Doppeltrichterapparat angewandt, welcher es ermöglichte, in jedem beliebigen Zeitmomente eine frische Quecksilberoberfläche herzustellen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 19. September 1900.)

REFERATE.



Die Funkentelegraphenstation Borkum.

Am 15. Mai d. J. ist auf dem Leuchtfeuerschiffe Borkum-Riff eine Seetelegraphenanstalt eröffnet und in den Dienst der Allgemeinheit gestellt worden. Nach den in der No. 14 des Archiv für Post und Telegraphie vom Juli 1900 gemachten Angaben beschränkt sich der Betrieb zunächst noch auf die Zeit von morgens 6 bis abends 8 Uhr, soll aber in immerwährenden Betrieb übergehen, sobald erst das Personal hinreichende Übung in der Bedienung des Apparates erlangt haben wird.

Da dies die erste öffentliche Funkentelegraphenstation in Deutschland ist, werden einige Angaben über die Einrichtung derselben von Interesse sein.

Die Anlage auf dem Leuchtfeuerschiffe korrespondiert mit der 35 km entfernten Seetelegraphenstation auf dem Borkumer Leuchtturm, von wo Telegraphenleitung nach Emden besteht, sodass vorbeifahrende Schiffe, sofern dieselben mit der nötigen Einrichtung versehen sind, Telegramme aufgeben resp. empfangen können.

Beide Stationen sind mit der gleichen Einrichtung ausgestattet, die im wesentlichen aus je einem Sender und einem Empfänger besteht. Die Schaltung dieser Apparate ist aus der folgenden Skizze ersichtlich.

Die Batterie B_1 besteht aus 8 Akkumulatoren, welche durch etwa 100 Trockenelemente dauernd unter Ladung gehalten werden. Der Strom geht nach dem Niederdrücken der Taste T durch den Umschalter U nach dem Unterbrecher A und die primäre Spule des Funkeninduktors und durch den Umschalter zur Batterie zurück; der Induktor ist mit dem üblichen Kondensator C_1 versehen. Die Enden der sekundären Spule stehen mit zwei Messingkugeln von 2,5 cm Durchmesser in Verbindung; diese bilden den Radiator. Die in demselben erzeugten elektrischen Schwingungen pflanzen sich einerseits über E_1 zur Erde, anderseits durch L nach einer, an einem 40 m hohen Mast befestigten isolierten Leitung, dem Sendedraht fort.

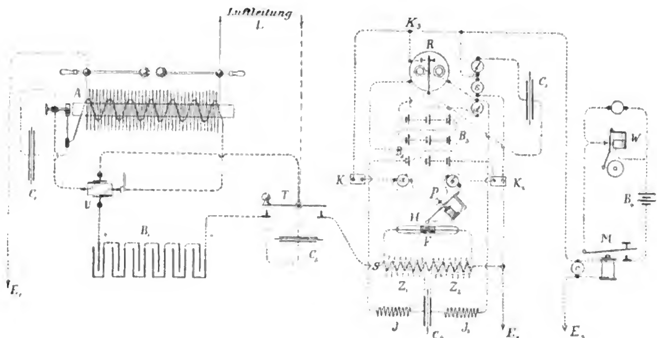
Bei der Empfangsstation liegt der Taster T am Ruhekontakt und somit fliessen die ankommenden elektrischen Wellen durch die Spule S über E_2 zur Erde.

Beim Passieren der Spule S induzieren die elektrischen Wellen in den beiden Spulen Z_1, Z_2 Ströme, welche zum Teil durch den Kohärer F fliessen, zum Teil den kleinen Kondensator C_4 laden; um zu verhindern, dass sie in den Relaisstromkreis eintreten, sind zwei Spulen J_1 und J_2 mit hoher Selbstinduktion angebracht. Bei Bestrahlung fliesst der Strom des Trockenelementes B_2 durch die Spulen J_1, Z_1, den Kohärer F, die Spulen Z_2 und J_2 durch die Ankerwicklungen des polarisierten Relais R und von dort zum anderen Pol des Elementes B_2 zurück. Das Relais R schliesst beim Ansprechen die aus 8 Trockenelementen bestehende Batterie B_3, deren Strom über die Relaiszunge und den Arbeitskontakt des Relais zur Klemme K gelangt. Hier teilt sich der Strom; der eine Teil fliesst nach der Klemme K_1, durch den Klopfer P zur Klemme K_2 und zur Batterie zurück; der andere Teil des Stromes geht von K_3 nach dem Morseapparat M und über E_3 zur Erde, während der andere Batteriepol über Klemme K_2 an Erde liegt.

Es wird somit die durch die Spule S abfliessende elektrische Welle durch den Morseapparat angeschrieben und zugleich die Stromleitung im Kohärer F durch den anschlagenden Hammer H des Klopfer P unterbrochen.

Die in dem Schaltungsschema angegebenen Nebenschlusswiderstände a, b, c von je 1000 Ohm, $d = 2000$, $e = 4000$, $f = 500$ Ohm, sowie die Kondensatoren C_2 und C_3 haben den Zweck die Funkenbildung an den Kontakten des Klopfers und Relais zu vermindern und die Induktionswirkung auf den äusserst empfindlichen Kohärer abzuschwächen.

Um die von dem eigenen Sender ausgehenden Wellen vom Empfangsapparate abzuhalten, ist letzterer mit Ausnahme des Morseapparates in einem Kasten von Eisenblech untergebracht.



Mit dem Morseapparate ist ein Wecker W nebst Batterie B_4 in Verbindung, der zum Anruf dient.

Die im allgemeinen recht zweckmässige Einrichtung hat seit ihrer Übergabe in den öffentlichen Dienst selbst bei unruhiger See und Regenwetter gut funktioniert. In den ersten 14 Tagen wurden vom Feuerschiffe aus 57 Telegramme abgeschickt.

Es bedarf keines besonderen Scharfblickes zu der Voraussage, dass die Funkentelegraphie bald häufiger zur praktischen Anwendung gelangen wird. Vielleicht findet sich dann auch mit der Notwendigkeit ein Ausweg dafür, dass sich die verschiedenen Linien nicht gegenseitig stören, der grösste Übelstand, der dem System zur Zeit noch anhaftet.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 22. August 1900.)

BESPRECHUNGEN.

Bütschlis Wabentheorie.

(Schluss.)

Der Strukturcharakter ist zunächst in der Gel und dem Tabaschir wesentlich der gleiche und durchaus wabenartig, wie an feinsten Splittern nicht allzuschwer festzustellen ist. Meist ist das Wabenwerk gleichförmig ausgebildet, zuweilen tritt jedoch eine reihig faserige Anordnung der Waben hervor, manchmal auch eine kreuzstreifige Anordnung, wie sie Bütschli schon früher (1898 loc. cit. S. 176 ff, S. 197 ff) als Ergebnis von Zugwirkungen in wabig strukturierten Gallerten vielfach nachgewiesen hat. Die Grössenverhältnisse der Waben sind bei beiden Substanzen ziemlich verschieden; bei dem Tabaschir ergeben sie sich aus den Photographien (Original Taf. V Fig. 2, 4 u. 7 u. Taf. VI Fig. 6)

übereinstimmend zu 1, 4—1, 5 μ; dagegen berechnet sich der Wabendurchmesser der Gel zu nur 0,91—1,0 μ; die letztere ist also feiner strukturiert als der Tabaschir.

Beide Substanzen lassen sich mit alkoholischen Lösungen von Säurefuchsin, Orcein und Dahlia intensiv färben. Die Struktur wird dann noch um etwas deutlicher, namentlich dann, wenn man feinste Stückchen durch weiteren Druck in ihre Elemente zersplittert. Man findet dann häufig Splitter, an deren Seitenwand viele, parallel gereihte Fortsätze ähnlich den Zinken eines Kammes hervorstehen; die Zinken sind die Wandfragmente durchgerissener Waben, auch sonst scheint die Sprungrichtung (z. B. wenn ausgetrocknete Gel in Wasser geworfen wird, und sie dabei in kleinere Stücke zerspringt) durch die Wabenreihung beeinflusst zu werden.

Die Wabenstruktur ist während eines gewissen Momentes der Austrocknung der beiden Substanzen (Verdunstung des in ihnen eingeschlossenen Wassers) besonders deutlich, sie wird bei weiterem Verdunsten rasch immer blässer und verschwindet schliesslich oftmals ganz. „Die Wände, welche die Hohlräumchen trennen, sind so dünn, dass sie (im ausgetrockneten Zustand. Ref.) mikroskopisch nicht wahrgenommen werden können, obgleich sie ein erheblicheres Brechungsvermögen besitzen." Beim Austrocknen dringt nun in jedes Hohlräumchen Luft ein, während der Rest des noch vorhandenen Wassers zunächst noch die Wabenwände bedeckt und dadurch gleichsam verdickt und sichtbar macht, denn das Wasser ist der Luft gegenüber eine immerhin stark brechende Substanz. Die Wabenwände sind also so lange zu sehen, bis die sie bedeckenden Wasserschichten so dünn geworden sind, dass die Gesamtdicke von Kieselwand und Wasserschichten nicht mehr zur Sichtbarkeit ausreicht. Leider verschwand dieses vorübergehende klare, durch die Beihilfe des Wassers verdeutlichte Strukturbild zu rasch, um photographiert werden zu können. Bütschli half sich jedoch dadurch, dass er getrocknete strukturlos, d. h. homogen erscheinende Stücke nachträglich mit einer Flüssigkeit imprägnierte, die nur z.T. verdampfte und ihren Rückstand dann als Wandverdickung (wie vorher das Wasser) in den Waben zurückliess. Auf diese Weise lieferten Lösungen von Öl in Chloroform[1]) (Chloroform verdunstet, Öl legt sich den Wabenwänden an) vorzügliche Resultate.

„Beim Verdunsten der imbibierten, natürlich ganz glasig durchsichtigen Stückchen sieht man plötzlich an einer oder mehreren Stellen Undurchsichtigkeit eintreten und von hier aus unter Bildung fein dendritrischer Figuren, diese undurchsichtigen Stellen durch die Stücke hindurchwachsen, bis letztere schliesslich in ganzer Ausdehnung undurchsichtig und weiss geworden sind. Dabei fällt sehr auf, dass die ersten undurchsichtig werdenden Stellen keineswegs an der Oberfläche auftreten, sondern im Innern der Stücke." Dieselbe Erscheinung des Undurchsichtigwerdens ist schon früher von anderen Autoren bei blosser Befeuchtung der Gel an der Oberfläche beobachtet und von van Bemmelen als „Umschlag" bezeichnet worden.

Bei fortgesetztem Eintrocknen tritt, nach Eintritt des Umschlages keine Volumenkontraktion des trocknenden Stückes mehr ein, und ebenso findet bei der Wiederwässerung, bei welcher Luft austritt, keine Volumenzunahme statt.

Wenn nun bei den Ölgemischen der Umschlag zuerst im Innern auftritt, so hält Bütschli hierfür folgende Erklärung für wahrscheinlich: „Naturgemäss muss die Austrocknung eines feinwabig strukturierten Körpers auf der Oberfläche beginnen, resp. hier die eigentliche Verdampfung stattfinden. Denken wir uns jedoch den Fall, dass in den oberflächlichen Waben oder Hohlräumchen ein kleines Gas- oder Luftbläschen aufgetreten sei, so muss dies infolge seiner, wegen der Kleinheit des Bläschens sehr grossen Oberflächenspannung (Kapillardruck) ein sehr starkes Verkleinerungsstreben besitzen, d. h. es muss die Flüssigkeit aus den inneren Regionen der Wabenmasse herangesaugt werden. Unter diesen Umständen ist daher ersichtlich, dass es an der Oberfläche überhaupt nicht zur Bildung von Gasbläschen in den Hohlräumchen kommt, sondern die Flüssigkeit in dem Masse, als sie verdunstet, an die Oberfläche gesaugt wird. Dass dies zur Entstehung gaserfüllter Räumchen im Centrum und Innern führt, obgleich ja mit deren Auftreten eine Gegenwirkung gegen die Saugkraft der Oberfläche gegeben wird, hängt damit zusammen, dass die Wirkung der Oberfläche wegen ihrer bedeutenden Ausdehnung die des Innern überwiegt." Die Gaserfüllungen im Innern bestehen jedenfalls aus Chloroformdampf, an dessen Stelle erst nach völliger Austrocknung Luft tritt.

Sehr interessant, aber für unser Referat zu weitführend, sind die Berechnungen, die Bütschli über die ungefähre Dicke der Wabenwände anstellt (auf Grund des Gewichtes des bei der Imbibition aufgenommenen Wassers, dem des Kieselsäuregerüstes von bekanntem spezifischem Gewichte und dem bereits genannten messbaren, mittleren Durchmesser der Wabeninhaltsräume, unter der Voraussetzung, dass das Imbibitionswasser in den Hohlräumen nicht wesentlich verdichtet wird). Es ergiebt sich, dass die Wanddicke der Hohlräumchen beim

1) Für verschiedene dichte Gels müssen verschiedene Chloroform-Ölgemische verwandt werden, worüber das Original zu vergleichen ist.

Tabaschir nicht über 0,2 μ betragen kann. Da es aber (cf. Original) wahrscheinlich ist, dass die Hohlräumchen bei der Imbibition nicht sämtlich mit Wasser gefüllt werden, und ihre Gesamtvolumen deshalb zu niedrig in die Rechnung eingeführt wurde, so ist weiterhin wahrscheinlich, dass der berechnete Wert zu hoch ist und die Wände dieser Gel also unter 0,2 μ bleiben.[1])

Auch in Bezug auf die durch die Mikrostruktur bedingten optischen Erscheinungen muss auf das Original verwiesen werden.

Hydrophan verhält sich in allen wesentlichen Punkten dem Tabaschir sehr ähnlich, so dass er sogar gelegentlich z. B. von Haidinger mit ihm identifiziert worden ist. Die Wasseraufnahme des Hydrophans ist jedoch viel geringer (16 Prozent des Gewichtes) als die des Tabaschirs (über 100 Prozent); offenbar füllen sich bei weitem nicht alle Hohlräumchen mit Wasser — und ausserdem herrscht eine Neigung der deutlich sichtbaren Waben zur sphärolithischen Gruppierung, welche dem Tabaschir und der Gel abgeht, dagegen noch stärker hervortritt bei dem:

Halbopal, der nur ganz wenig Flüssigkeit ohne merklichen Luftaustritt in seinen Hohlkämmerchen zu imbibieren vermag. Hier besitzen die kugeligen Wabenaggregate einen Durchmesser von 4—6 μ, und in jedem Einzelkügelchen lässt sich eine konzentrische bis strahlenförmige Zusammenordnung der Wabenwände erkennen; auch die Zwischensubstanz, welche die Einzelkügelchen zusammenhält, ist feinwabig gebaut.

Als besonders regelmässig und deutlich sphärolithisch gebaut erwies sich ein Edelopal von Vörösagas (Edelopale anderer Fundorte nicht in demselben Grade). Schon bei relativ schwacher (450-facher) Vergrösserung erkennt man drei Streifensysteme von aneinander gereihten dunkeln Kügelchen (Durchmesser 1,7 μ), die sich gegenseitig unter 60° schneiden. Photographieen, die bei 3400-facher Vergrösserung (!) aufgenommen sind, zeigen, dass die Einzelkügelchen aus 3—4 Wabenschichten von je 0,48 μ Durchmesser bestehen. Die Struktur wird man sich folgendermassen entstanden zu denken haben: in einer wabigen Substanz sind unter irgend welchen Bedingungen in regelmässigen Entfernungen Centren entstanden, um die eine reguläre sphärolithisch-wabige Anordnung der Masse stattgefunden hat. „Die Grenzgebiete dieser sphärolithischen Kügelchen bilden die Zwischenmasse und zeichnen sich durch etwas weitere Hohlräumchen aus. . . . Die Regelmässigkeit ihrer Anordnung ist jedenfalls eine direkte Folge der gleichmässigen Grösse und dichten Zusammenordnung. Wenn wir uns gleichgrosse Kügelchen dichtest zusammengelagert denken, so werden sie sich in Ebenen ordnen, die sich in 4 Richtungen, parallel den 4 Flächen eines regulären Tetraëders, also unter Winkel von 70° 31′ 43,6″ schneiden. Sieht man senkrecht auf die Richtung einer dieser Flächen, so werden die Kügelchen regelmässig alternierend angeordnet sein, d. h. in 3 Richtungen, welche sich unter 60° schneiden."

Die Farben des Opal beruhen nach Bütschli nicht auf Interferenzerscheinungen, sondern es handelt sich um Reflektions- und Oberflächenfarben, bei denen die geschilderte Mikrostruktur mit totaler Reflektion beteiligt sein dürfte. Sehr beachtenswert scheint die Thatsache, dass sich eine Annäherung an die Struktur der Opale auch in der Kieselsäuregel erzeugen lässt, wenn man sie glüht. Nach dem Glühen wird die Imbibitionsfähigkeit (für Flüssigkeiten) der Kieselsäuregel ebenso gering wie bei den Opalen. Die Mikrostruktur wird gröber und deutlicher, und dadurch den Grössenverhältnissen bei den Opalen ähnlicher, und schliesslich entwickeln sich sphärolithische Strukturen, die denen des Opals ganz gleichen. Es ist leicht möglich, dass die geschilderten Veränderungen der Gel beim Glühen wirklich in näherer Beziehung zu den natürlichen Opalen stehen, wenn auch die Bildung der letzeren nicht auf demselben Wege, d. h. durch Glühen ursprünglicher Gel erfolgt ist. (Näheres im Original).

Der Verwandlungsprozess durch Glühen lässt sich schwer vorstellen ohne die Annahme, dass dabei eine vorübergehende Erweichung der Kieselsäuresubstanz eintreten muss, denn die dabei auftretende Vergröberung der Struktur, sowie die zur Erzeugung der sphärokrystallinischen Kügelchen notwendigen Wabenverlagerungen können kaum anders zustande kommen, als dadurch, dass sich ursprünglich getrennte

1) Schon der Wert 0,2 μ stimmt nahezu mit der von Abbe als Grenze der möglichen mikroskopischen Wahrnehmbarkeit theoretisch abgeleiteten Grösse einer halben Wellenlänge des Lichtes überein (Wellenlänge des kurzwelligen Violetts = 0,39 μ) und diese Wahrnehmbarkeit soll nur noch für „äusserst schiefe Beleuchtung" gelten. Bütschli hat bei seinen Untersuchungen nie schiefe Beleuchtung, sondern sehr starke Verengerung der Blende, also möglichst paralleles Licht zur Verwendung gebracht, wobei nach Abbe die Unterscheidbarkeit nicht unter den Betrag der ganzen Wellenlänge herabgehen soll. „Wenn dabei die Berechnung wirklich ein annäherndes Mass für die Dicke der Wände des untersuchten Tabaschirs giebt, so müsste die mögliche Unterscheidbarkeit mikroskopischer Objekte bei centraler Beleuchtung doch erheblich unter die von Abbe gesteckte Grenze herabgehen." Bütschli ist der Meinung, dass auch durch Abbes Darlegungen (Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 9, 1873, S. 413—468) die Bedingungen für die mikroskopische Wahrnehmung feinster Objekte und ihrer Kombinationen, d. h. feinster Strukturen noch nicht genügend aufgeklärt sind. (Vergl. hierzu Bütschlis Werk von 1898, wo man auch die optischen Eigentümlichkeiten und Täuschungen eingehend behandelt findet, welche bei der Beobachtung so feiner Strukturen mit Hülfe der stärksten Vergrösserungen eintreten.)

Hohlräumchen miteinander vereinigen, und die Wände der so vergröberten Räumchen sich gleichzeitig erheblich verdicken und eine strahlige Umgruppierung derselben um gewisse Mittelpunkte eintritt. Für eine vorübergehende Erweichung während des Glühens spricht auch die Herabminderung der Imbibitionsfähigkeit bei fortgesetztem Glühen. Da hierbei die Hohlräumchen nicht verschwinden, muss der Grund darin liegen, dass die Wände der Waben undurchlässiger werden. Da sie sich erwiesenermassen sehr erheblich verdicken, so wäre damit ein in diesem Sinne wirksames Moment gegeben. Dazu könnte noch kommen, dass etwa in den Wänden vorhandene der Sichtbarkeit entrückte Poren sich schliessen oder verengen. Auch an eine andere Wahrscheinlichkeit wäre zu denken.

„Da wir wissen, dass auch durch flüssige feinste Lamellen, z. B. solche von Öl oder Harzen, andere Flüssigkeiten, z. B. Wasser, die darin nur sehr wenig löslich sind, rasch hindurchtreten können, so scheint die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, eine analoge Betrachtungsweise auch auf sehr feine feste Lamellen auszudehnen, d. h. den Durchtritt von Flüssigkeiten durch dieselben unter dem Gesichtpunkt der Lösung der Flüssigkeit in der Substanz der Lamellen zu betrachten. In diesem Falle würde natürlich das Undurchlässigwerden der Wände bei längerem Glühen in der Abnahme der Lösungsfähigkeit der Flüssigkeit in der festen Substanz zu suchen sein."

Trotzdem in diesem Referat aus den beiden Abhandlungen Bütschlis nur das auf die Strukturen Bezügliche herangezogen wurde und Vieles übergangen werden musste, was allgemeineres physikalisches Interesse hätte beanspruchen dürfen, ist es dem reichen Inhalt der Abhandlungen entsprechend für ein Referat reichlich lang ausgefallen. Ich glaubte aber diese Länge nicht scheuen zu dürfen, denn es handelt sich hier um die letzte, dem menschlichen Auge zugängige Struktur, die bei ihrer weiten Verbreitung — vielleicht Allgemeinheit — ein zwingendes Anrecht besitzt, bei den Ableitungen der theoretischen Physik berücksichtigt zu werden. Gerade in letzter Zeit sind von W. B. Hardy mehrere sich auf dem Gebiete der Kolloide bewegenden Untersuchungen erschienen, ohne dass Bütschlis Arbeiten dabei Erwähnung gefunden haben. Offenbar sind die Werke des Zoologen dem Physiker unbekannt geblieben; das ist aber sehr zu bedauern, denn es handelt sich hier um die mühsam mit peinlichster Exaktheit ausgeführte Arbeit eines anerkannt hervorragenden Mikroskopikers, dessen mikroskopische Schulung kaum von einem Physiker sobald erreicht werden dürfte. Dass die Bütschlische Lehre vom Wabenbau der Materie für das physikalische Verhalten der Kolloide schon jetzt eingehendere Aufklärungen verspricht, darauf hat vor einiger Zeit schon Ostwald [1]) in einem Referat über Bütschlis Werk von 1898 besonders aufmerksam gemacht.

1) Ztschr. f. phys. Chemie **28**, 574, 1899.

Göttingen, 1. August 1900.

L. Rhumbler.

(Eingegangen 3. August 1900.)

Personalien.

Der ausserordentliche Professor der analytischen Chemie an der technischen Hochschule in Wien Dr. Georg Vortmann ist zum ordentlichen Professor dieses Faches an der genannten Hochschule ernannt worden.

Der Assistent H. Kriemler erhielt einen Lehrauftrag für technische Mechanik an der technischen Hochschule zu Karlsruhe.

An die Technische Hochschule zu Dresden wurde der bisherige Direktor und Oberingenieur der Firma Siemens & Halske, Hans Goerges, als Professor für allgemeine Elektrotechnik und Direktor des elektrotechnischen Instituts berufen. Herr Goerges hat die Berufung angenommen.

Berichtigungen.

Im Vorlesungsverzeichnis des Heftes 50 ist unter Prag zu verbessern: J. v. Geitler, Physikalisches Praktikum, 6.

Briefkasten.

Prag, 15. September 1900.

In No. 50 der Physikalischen Zeitschrift vom 15. September 1900 befindet sich Seite 573 die Übersetzung einer Arbeit von W. J. Humphreys. Die in derselben beschriebenen Versuche sind schon von H. Hertz angegeben. Ich habe darauf in No. 1158 (vom 27. Juli 1900) der engl. Zeitschrift „The Electrician" Seite 525 unter „Correspondence" ausführlich hingewiesen, und glaube, dass auch Sie nach Einsichtnahme in die betreffende Notiz in Ihrer Zeitschrift eine Richtigstellung bringen werden. Dr. J. v. Geitler.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06831 9667



